

FP/1108-75-05



ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS  
PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION



PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS  
PARA EL MEDIO AMBIENTE

---

## METODOLOGIA DE LA CONSERVACION DE LOS RECURSOS GENETICOS FORESTALES

*Informe sobre un estudio piloto*

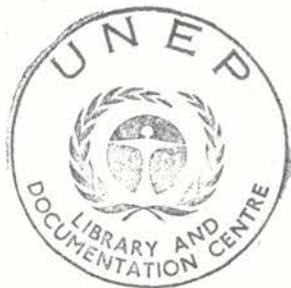
*Report on a pilot study on the Methodology...*

METODOLOGIA DE LA CONSERVACION DE LOS

RECURSOS GENETICOS FORESTALES

—  
INFORME

SOBRE UN ESTUDIO PILOTO



ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION

Roma 1978

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Bios  
Cons  
Gen/75

Este libro es propiedad de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. La solicitud para ser reproducido, en su totalidad o en parte, por cualquier método o procedimiento, deberá enviarse al Director de Publicaciones, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia, especificando la extensión de lo que se desea reproducir y el propósito que con ello se persigue.

© FAO y PNUMA 1978

Este informe se ha preparado  
como parte de un proyecto cooperativo del  
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

titulado

"Metodología de la Conservación de los Recursos  
Genéticos Forestales"

(Proyectos 0604-73-003 &  
1108-75-05 )

conjuntamente con la  
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación  
como organismo cooperador

La FAO expresa su agradecimiento por su valiosa labor

al consultor

L.R. Roche

y a los autores de las monografías incluidas

FAO/PNUMA. Informe sobre un estudio piloto acerca de la metodología de la conservación de los Recursos Genéticos Forestales, basado en la labor realizada por L.R. Roche y otros autores, Roma, 1975. 133 págs. 12 figs.

#### RESUMEN

Este informe tiene por objeto la formulación de normas sobre la metodología de la conservación de recursos genéticos forestales, que puedan servir de base para una acción a largo plazo de conservación encuadrada en un programa global. Consta de una parte introductiva en la que se enuncian los principios generales de la conservación; una parte central que comprende varias monografías y que representa las dos terceras partes de la obra, y una parte final de normas y recomendaciones.

La conservación no debe considerarse aisladamente sino más bien como parte integrante de la ordenación forestal y de los programas tendentes a una mejor utilización de los recursos genéticos. Los métodos de conservación tienen que adaptarse a cada caso particular, y la conservación de ecosistemas naturales in situ; de masas artificiales ex situ, y de semillas en bancos de semillas tienen, cada uno, que desempeñar su propio papel.

Muchas de las prioridades de investigación y de acción internacional corresponden a países en desarrollo. Por consiguiente, harán falta tanto una financiación como una coordinación internacionales. En el documento de la FAO titulado "Propuesta para un programa global para el empleo mejorado de los recursos genéticos forestales" se sienta la base para un programa piloto de un quinquenio de duración, y se recomienda que se aplique en la medida en que se disponga de fondos. Los resultados del programa piloto deberán utilizarse como base para la planificación de un programa ampliado a largo plazo. Se recomienda que el PNUMA asuma el principal papel en cuanto a las actividades de financiación de la conservación. Durante la fase piloto deberá otorgarse prioridad absoluta a las actividades de investigación, capacitación, conservación y divulgación de la información.

También convendría que, por medio del Consejo Internacional sobre Recursos Genéticos Vegetales, se coordinaran los trabajos relativos a la conservación de los recursos genéticos forestales con las actividades complementarias del mismo tipo relativas a las plantas de cultivo.

INDICE

		<u>Página</u>
Resumen de las conclusiones y recomendaciones		xi
Introducción		1
PARTE I - PRINCIPIOS GENERALES		
<u>Capítulo</u>		
1	Antecedentes biológicos	L.R. Roche 5
2	Limitaciones de orden práctico	L.R. Roche 19
PARTE II - MONOGRAFIAS		
3	Conservación <u>in situ</u> y <u>ex situ</u> de recursos genéticos de <u>Pinus banksiana</u> y <u>Picea glauca</u>	J.S. Maini, C.W. Yeatman y A.H. Teich 27
4	Coníferas californianas	W.J. Libby, D. Kafton y L. Fins 43
5	Pinos centroamericanos	R.H. Kemp 59
6	Frondosas tropicales	L.R. Roche 67
7	Eucaliptos	L.D. Pryor 83
8	Rodales para la conservación <u>ex situ</u> en los trópicos	P. Guldager 89
9	Almacenamiento de semillas y polen de especies forestales para la conservación genética: posibilidades y limitaciones	B.S.P. Wang 99
PARTE III - NORMAS Y RECOMENDACIONES		
10	Normas para la metodología de la conservación de recursos genéticos forestales	L.R. Roche 113
11	Prioridades en cuanto a investigación y acción	L.R. Roche 121
12	Recomendaciones	L.R. Roche 125
	Glosario	129

RESUMEN DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. De carácter técnico

1. La conservación, o el "aprovechamiento racional" de los recursos del bosque, incluidos los recursos genéticos forestales, debe concebirse como parte integrante de la ordenación dinámica de los recursos forestales y, como tal, debe figurar en todo plan de ordenación forestal.
2. Existen grandes diferencias en la complejidad de los ecosistemas forestales, la variabilidad genética y los sistemas de reproducción de las diversas especies, así como en el tipo de obstáculos administrativos que se oponen a una acción eficaz. Por todo lo cual resulta imposible una guía universal para la conservación. Los métodos tienen que adaptarse a las condiciones locales. La conservación de los ecosistemas naturales in situ; de las masas artificiales ex situ, y de las semillas en bancos de semillas, son métodos en que tiene cada uno su propio papel.
3. Antes de iniciar cualquier acción para mejorar la conservación, es necesario evaluar la situación actual de esta conservación. Entre los instrumentos útiles para determinar hasta qué punto las muestras representativas de los ecosistemas forestales y de las especies que los componen están ya adecuadamente conservadas, figuran los mapas de distribución; los datos de los inventarios; los estudios de la vegetación; así como los mapas de las reservas forestales, de las reservas naturales integrales, y de los parques nacionales.
4. En los casos en que sea posible aplicar medidas eficaces de protección, la conservación in situ de todo un ecosistema es el método ideal. Esto debe hacerse mediante el establecimiento, dentro de unidades más extensas como, por ejemplo, Reservas Forestales o Parques Nacionales, de Reservas Naturales Integrales, que gocen de un status jurídico reconocido.
5. La conservación de los recursos genéticos forestales deberá, en la medida de lo posible, combinarse con otros objetivos de la conservación, tales como la conservación de la fauna de las cuencas hidrográficas y los Parques Nacionales.
6. Cuando se establezcan Reservas Naturales Integrales en un sistema forestal, habrá siempre que tener cuidado de rodear la parte inviolable de una o más zonas de amortiguación, en las cuales se conserve el medio ambiente del bosque, y al mismo tiempo se permitan determinadas formas de aprovechamiento regulado, tales como la explotación selectiva del bosque o el turismo.
7. Para la conservación de los recursos genéticos forestales, habrá que tener en cuenta más bien la variación intraespecífica y el número mínimo de individuos reproductores que hacen falta para lograr un fondo de genes viable antes que la superficie de la Reserva Natural Integral per se. No se pueden juzgar los méritos relativos de una sola gran Reserva Natural Integral en comparación con los de varias otras más pequeñas, ya que dependen de las circunstancias de cada caso.
8. En algunas regiones, son tan grandes las presiones locales para un desbosque total de las masas naturales en favor de la agricultura o de otras formas de explotación de la tierra que resulta inevitable la destrucción de los recursos genéticos in situ. En estos casos habrá que tomar medidas para recoger las semillas de las especies amenazadas que puedan tener importancia económica y conservarlas en bancos de semillas, o sino plantar masas artificiales para la conservación ex situ, en lugares donde pueda asegurarse su protección y ordenación.

B. Aspectos administrativos y financieros

1. Las prioridades para la investigación y la acción internacional se relacionan, sobre todo, aunque no exclusivamente, con los recursos genéticos de las especies forestales de valor en las zonas tropicales, subtropicales, mediterráneas y áridas.

2. Muchos de los países de las citadas regiones son países en desarrollo que cuentan con fondos limitados para financiar las medidas necesarias para una conservación efectiva. Por consiguiente, existe una urgente necesidad de financiación internacional, así como de coordinación también internacional, de las actividades tendentes a conservar los recursos genéticos forestales.

3. En el documento de la FAO "Propuestas de un programa global para el mejor aprovechamiento de los recursos genéticos forestales" (FO: MISC/74/15, de noviembre de 1974), se sienta la base para un programa quinquenal. Se recomienda que estas propuestas se apliquen en la medida en que pueda disponerse de los fondos necesarios para ello.

4. El citado programa quinquenal debe considerarse como una fase piloto conducente a otro programa muy ampliado de largo plazo. Los progresos realizados deberán evaluarse al final del quinquenio y los resultados utilizarse como base para la ulterior planificación.

5. Es imperativo que los planes de acción en materia de recursos genéticos forestales se coordinen íntimamente con los planes complementarios referentes a las plantas de cultivo. La recientemente creada, Junta Internacional de Recursos Fitogenéticos, sirve de medio para una coordinación y dirección de carácter general. El Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos Forestales debe seguir asesorándole en los aspectos referentes a los montes.

6. Se espera que los fondos para el Programa Global procederán de diversas fuentes. Se recomienda que el PNUMA asuma la responsabilidad de financiar las partes de las propuestas que se refieran directamente a la Conservación de los recursos genéticos forestales, o sea, a las actividades siguientes:

	Costo total (en millares de dólares) para 5 años
1) Recogida de semilla para la conservación <u>ex situ</u>	125
2) Establecimiento de rodales de conservación <u>ex situ</u> de dos <u>Pinus</u> spp. y de dos <u>Eucalyptus</u> spp., diez procedencias en 11 países en desarrollo	356
3) Elaboración de proyectos piloto para la conservación <u>in situ</u> en América Central, Brasil, India y Africa occidental y oriental	310
4) Difusión de información sobre conservación de recursos genéticos forestales	<u>60</u>
Total	851

7. Además, se recomienda que el PNUMA prevea la posibilidad de financiar otras actividades del programa que se refieren indirectamente a la conservación, es decir:

	Costo total (en millares de dólares) para 5 años
1) Investigaciones sobre almacenamiento y manipulación de semillas	250
2) Investigaciones sobre métodos de archivo y localización de datos	250
3) Establecimiento de rodales prototipo para la conservación/selección <u>ex situ</u>	63
4) Evaluación de las necesidades de centros genéticos forestales internacionales	<u>50</u>
Total	613

8. Se recomienda conceder prioridad a la capacitación de personal procedente de países en desarrollo en el campo especializado de la conservación de los recursos genéticos forestales. En varios países, la labor de mantener las actuales reservas naturales integrales y de establecer otras nuevas, y la de plantar y mantener ex situ rodales de conservación, justifica el nombramiento de un oficial forestal a plena dedicación.

9. Los principios de la conservación de los recursos genéticos forestales deben formar parte integral de los cursos de ordenación forestal que se imparten en las universidades y escuelas de montes.

10. Para decidir cuáles son los métodos de conservación más apropiados a las condiciones locales, es necesario intensificar notablemente las investigaciones y el acopio de datos sobre el terreno. Además de las investigaciones ecológicas y genéticas, se recomienda que se elaboren programas de investigación sobre el ensayo y almacenamiento de semillas de especies forestales tropicales. Al mismo tiempo, es necesario establecer normas para el ensayo y la certificación, así como una nomenclatura correspondiente para lograr la reproducción del material genético.

11. Toda medida de conservación de los recursos genéticos forestales tiene que ir acompañada de la conservación de la información que haya sobre dichos recursos y, por consiguiente, hay que idear un sistema para compilar, archivar y localizar la información. Para facilitar esta tarea, se recomienda que se prepare un proyecto piloto para desarrollarlo en una institución que ya se ocupe de este tipo de trabajo y que disponga de ordenadores electrónicos.

## INTRODUCCION

Los árboles forestales, considerados desde el punto de vista de la metodología de la conservación, presentan un cierto número de características distintivas. La primera es que, la gran mayoría de ellos, se hallan todavía en estado silvestre. Salvo en lo que se refiere a un número muy pequeño de especies que se han plantado tanto dentro como fuera de su habitat natural y a diferentes formas mutantes de especies ornamentales, son muy pocas las razas típicas y las especies aclimatadas. En segundo lugar, hasta hace muy poco se desconocía la biología de la mayoría de las especies forestales. Incluso hoy día, únicamente se han estudiado a fondo las especies que se plantan como especies comerciales y, en la mayoría de los casos, a la mayoría de las especies forestales sólo se las conoce taxonómicamente, sobre todo a las que crecen en los trópicos y subtropicos.

Casi todos bosques del mundo se vienen explotando desde los tiempos más remotos como un recurso no renovable. Es decir, que más bien se ha pensado en la extracción que en la ordenación. Y este es el motivo por el cual la madera se ha considerado principalmente como materia prima, ignorando a los árboles y bosques como entidades biológicas. Salvo algunas importantes excepciones, especialmente en los trópicos, esta actitud ha cambiado, y hoy día se reconoce cada vez más que los bosques del mundo y los recursos que encierran tienen que conservarse y ordenarse a perpetuidad, y que los árboles pueden seleccionarse y aclimatarse para otros muchos fines como se hace con las formas silvestres de los modernos cultivos agrícolas y hortícolas.

La cuestión es la de cómo puede esto hacerse y hasta qué punto los métodos, antiguos y actuales, y las preocupaciones del momento de los responsables de la exploración, conservación y utilización de los recursos genéticos vegetales, no forestales, pueden aplicarse a los árboles en sus ecosistemas forestales naturales o artificiales. Otra segunda cuestión se refiere a la adecuación de los programas en marcha relativos a la prospección, conservación y utilización de los recursos genéticos forestales.

La conservación de los recursos genéticos forestales se considera en este caso como un componente dinámico de los planes de ordenación y de explotación de un recurso natural renovable, compatible con otros objetivos, como, por ejemplo, la conservación de la fauna silvestre, las cuencas hidrográficas y la protección contra la erosión.

El presente informe se divide en tres partes. La Parte I trata de los aspectos biológicos fundamentales y de las dificultades prácticas. La Parte II incluye siete monografías sobre la conservación de los recursos genéticos forestales y, en la Parte III se formulan normas, prioridades y recomendaciones.

Se reconoce que las 7 monografías presentadas no abarcan todos los problemas que plantea la conservación de los recursos genéticos forestales en todos los grandes ecosistemas forestales del mundo. Así por ejemplo, ninguna de ellas se refiere a la conservación de los recursos genéticos forestales de la región mediterránea, o de los recursos genéticos exóticos aclimatados a esta región y a otras zonas más áridas del mundo, cuya cubierta forestal se ha agotado. Sin embargo, como muchos de los principios y de los métodos que aquí se presentan se aplican a la generalidad de los casos, esta laguna puede considerarse más bien aparente que real.

También cabe observar la analogía de este informe con el proyecto de la Unesco sobre el hombre y la biosfera (proyecto MAB No 8) que se refiere a la conservación de las zonas naturales y de los recursos genéticos que encierran. Por consiguiente, en las secciones pertinentes de este informe se señalan a la atención los correspondientes aspectos del citado proyecto.

La elaboración de una metodología de la conservación de los recursos genéticos forestales no es una tarea sencilla y, como afirmaba Dasmann (1973), no debe sobreestimarse la complejidad de los problemas que plantea la conservación en general. Según este autor, no es fácil de definir y tal vez sea imposible aplicar normas con vistas a la conservación de las ballenas o de los elefantes, de las aves migratorias, de las ratas-topo doradas, de las plantas anuales de desierto, de las orquídeas raras, de los árboles de bosque higrofiticos, de las comunidades de las tundras árticas o de los invertebrados terrestres del Antártico. Lo que, sin embargo, sí es cierto, es que se puede mejorar una situación en la cual los conocimientos se hallan muy dispersos y que sin duda todavía hay que aclarar algunos de los problemas más importantes (Dasmann 1973).

Hay que esperar que el presente documento contribuya a la mejora indicada por Dasmann, por lo menos en lo que se refiere a formular una metodología para la conservación de los recursos genéticos forestales.

#### AGRADECIMIENTOS

La FAO desea expresar su agradecimiento a todos los autores que han contribuido a la preparación de los distintos capítulos de este informe, cuyos nombres se citan en el índice. Da especialmente las gracias al Profesor L. Roche que ha redactado, en tan poco tiempo, la totalidad de las partes I y III, además de un capítulo de la Parte II. También expresa su gratitud a todas aquellas personas que han participado en este trabajo, bien sea indirectamente por correspondencia o verbalmente en las diversas entrevistas. Por último, damos las gracias al PNUMA por su generosa contribución a los gastos.

PARTE I

PRINCIPIOS GENERALES

ANTECEDENTES BIOLÓGICOS

por

L.R. ROCHE

Departamento de Ordenación de Recursos Forestales, Universidad de Ibadán

PRINCIPIOS Y PROBLEMAS DE LA CONSERVACION GENETICA

Una de las exposiciones generales más recientes y completas sobre los recursos genéticos vegetales y su prospección, conservación y utilización, es la que figura en la obra de Frankel y Bennet (1970). Y dicha obra tiene aún más valor por cuanto abarca los recursos genéticos forestales; por lo cual, en este capítulo resumimos los pasajes pertinentes de dicho libro (véase también Unesco 1973).

Los autores hacen una importante distinción entre la conservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio genético. Según ellos, la conservación de la naturaleza tiene por objeto proteger zonas representativas de habitats y comunidades que pueden identificarse. La conservación del patrimonio genético va mucho más lejos: afecta a las diferencias genéticas que, con mucha frecuencia se pueden sospechar, pero no identificar. Por consiguiente, exige muestras de poblaciones, posiblemente tomadas a lo largo de transecciones latitudinales o altitudinales, que cubren con frecuencia vastas extensiones. Por lo tanto, toda "reserva genética" debe abarcar toda una gama de variabilidad ecológica para ofrecer el espectro de la variabilidad genética. De este modo, tal vez sea necesario que esta reserva sea muy extensa o muy dispersa. En este último caso, como saben muy bien los conservadores, es muy difícil de administrar (Frankel 1970).

Como es lógico, la conservación de la naturaleza puede dar por resultado la conservación de un fondo de genes de las especies que la componen. Su eficacia, en este caso, guarda estrecha relación con la dimensión, el número y la distribución de las reservas naturales protegidas.

Richards (1971) sugirió que hacía falta una superficie de más de 100 ha para contener una selección representativa de las especies contenidas en un ecosistema de monte alto de Malasia muy rico en especies, y que, para que una reserva de este tipo se autoconservara la superficie debe ser aún mayor. Según Anderson, citado por van Steenis (1971), la superficie de los parques nacionales de Sarawak no debe ser inferior a 400 ha, salvo cuando existe la urgente necesidad de conservar vestigios de vegetaciones de gran valor científico. Van Steenis (1971) recomienda una superficie de 500 ha como la mínima necesaria en el caso de una reserva de jungla virgen. Petrides, citado por Hepper (véase Hedberg y Hedberg 1968) considera que la dimensión mínima para las Reservas Naturales Integrales en África debe ser de 100 ha. Nichols (comunicación personal) sugiere que 250 ha pueden bastar para las reservas científicas en los bosques indígenas de Nueva Zelanda, mientras que Shanklin (1951) afirma que 400 ha serían suficientes para cualquier tipo de bosque de Norteamérica. Las zonas naturales del Servicio Forestal de los Estados Unidos tienen, por lo menos 120 ha y, según Franklin y Trappe (1968), haría falta que tuvieran por lo menos 200 ha.

Por consiguiente, aunque se carezca de pruebas científicas, según la mayoría de las opiniones calificadas, pueden conservarse muestras representativas de la mayoría de los ecosistemas forestales, a condición de que estén bien protegidos, en extensiones de una dimensión que oscila entre 100 y 1 000 ha.

Cuando, sin embargo, una especie ocupa muchos habitats naturales que se extienden por toda una amplia variedad de latitudes y altitudes, por ejemplo, Pinus contorta en Canadá y en los Estados Unidos, una sola reserva natural, que tuviera 1 000 ha de extensión, apenas bastaría para la conservación del espectro completo de la variación genética de la especie en cuestión. En este caso haría falta disponer de una serie de Reservas Naturales Integrales (RNI) situadas estratégicamente para el muestreo de toda la gama de variación ecológica para conservar convenientemente in situ los recursos genéticos de la citada especie.

Para determinar en qué medida los recursos genéticos de una especie forestal se hallan convenientemente conservados en las Reservas Naturales Integrales y en los Parques Nacionales, puede procederse en la forma que se indica en el capítulo 4 para las coníferas de California; y es evidente que esto es una de las primeras cosas que hay que hacer para la conservación de los recursos genéticos forestales.

Frankel (1970) ha identificado los principales componentes de que depende la estrategia de la conservación genética. A saber: por un lado, la naturaleza del material que hay que conservar y, por el otro, el objetivo y el alcance de la conservación. La naturaleza del material que hay que conservar se define por la duración del ciclo de vida; el modo de reproducción; el tamaño de los individuos, y su condición ecológica, ya sean plantas silvestres, malas hierbas o plantas aclimatadas. El objetivo - investigación, introducción, mejora, etc. - es lo que puede determinar el grado de integridad que es esencial o conveniente mantener. El alcance se refiere al período de tiempo durante el cual se proyecta reservar la especie y también a la superficie o al espacio a que ésta se refiere: una localidad, una región o el mundo entero. La estrategia determinará la metodología que hay que aplicar, inclusive el tamaño de la población o muestra que convenga conservar y, especialmente, si de lo que se trata es de conservar una población como tal, o más bien su potencial genético.

Se puede concebir la conservación de los recursos genéticos forestales de muchas maneras y la metodología que haya que aplicar dependerá de los factores mencionados anteriormente. El método ideal para la conservación a largo plazo es la conservación in situ. No existe la menor duda de que los valiosos fondos de genes de las plantas silvestres que utilizamos en los bosques, praderas y demás, y de los que se refieren a muestras plantas aclimatadas, no sólo deben conservarse a perpetuidad, sino que también hace falta que, en la medida de lo posible, se mantengan en su integridad genética en su estado natural. Una comunidad en equilibrio con un medio ambiente estable, dando por sentado que la estabilidad sufre los caprichos generales de todo ambiente natural, es el modelo ideal de conservación a largo plazo (Frankel 1970).

Sin embargo, con frecuencia no se dispone de un modelo ideal y existen varios ejemplos de especies forestales que se cultivan en muchas partes del mundo como importantes especies comerciales mientras que sufren un empobrecimiento genético masivo en su habitat natural. En el caso de muchísimas de las especies forestales de importancia comercial, tanto frondosas como coníferas, los centros de diversidad genética se encuentran situados fuera de las zonas donde se plantan. Para este tipo de especies, la conservación ex situ suele ser esencial (véase capítulo 8 y las observaciones sobre la conservación ex situ de recursos genéticos de Pinus radiata, Cupressus macrocarpa y Sequoiandendron giganteum, en el capítulo 4 y de Picea glauca en el capítulo 3).

En lo tocante a la conservación ex situ de especies forestales, el objetivo consiste en evitar las pérdidas mediante una cuidadosa selección de la zona de plantación y el desarrollo de técnicas apropiadas de cultivo, que en mantener frecuencias de genes concretas, las cuales, en cualquier caso, son imposibles de conseguir, como ha indicado Frankel (1970).

En cambio, por lo que respecta a los recursos genéticos de un gran número de frondosas tropicales que sufren una fuerte explotación, perturbación o destrucción de sus ecosistemas, la conservación ex situ no es posible actualmente. No se sabe lo bastante acerca de la biología de cada especie y no se han determinado las técnicas silviculturales apropiadas. Además, muchas de estas especies son componentes del bosques climácicos y la conservación de sus recursos genéticos dependerá de la constante integridad del ecosistema al cual pertenecen. La elaboración de una metodología para la conservación de las frondosas tropicales, por consiguiente, plantea varios problemas complejos de los que se trata en el capítulo 6.

En muchos aspectos, los recursos genéticos de las especies colonizadoras o fotófilas con una gran amplitud ecológica son más fáciles de conservar que las especies de bosque climácico, ya que se cultivan más fácilmente y se pueden emplear fuentes locales de semilla para regenerar una zona explotada. Por lo tanto, no es necesario conservar un ecosistema para lograr su perpetuación. Si estas especies se regeneran naturalmente y se las deja sin tratamiento llegarán, a la larga, a ser superadas por las especies del bosque climácico. En el capítulo 3 se describe la metodología para la conservación de los recursos genéticos de una especie colonizadora, Pinus banksiana, que, a pesar de ser una conífera, los principios generales expuestos en la monografía pueden tener una amplia aplicación no sólo para otras coníferas colonizadoras, sino también para especies frondosas de condiciones ecológicas similares, por ejemplo, especies fotófilas, colonizadoras, de ciclo corto de los trópicos.

Los agrónomos se preocupan de la conservación de las variedades primitivas o razas típicas. Estas son el producto de una acción recíproca entre el hombre y los antepasados silvestres de dichas formas modernas. En algunos casos las formas silvestres se han perdido para el hombre e incluso las razas típicas están siendo eliminadas ante el impacto de la mejora fitogenética y de las modernas técnicas agronómicas. Las razas típicas, que tienen importancia tan vital para la agronomía, no tienen, desde el punto de vista de la conservación, gran importancia en silvicultura, si bien su existencia se conoce y está documentada en un gran número de casos. La búsqueda de formas primitivas de variedades modernas en la agricultura, subraya, sin embargo, la importancia de conservar, en la medida de lo posible, muestras de los recursos genéticos de los ecosistemas de bosque natural que están siendo reemplazados por material seleccionado (Roche 1971).

Existen límites evidentes a la conservación y será repetidamente necesario llegar a compromisos entre los factores técnicos, administrativos y económicos. Pero, como subraya Frankel (1970), hay un sector en el cual los compromisos son enteramente inadecuados y es el que concierne a los medios de almacenamiento de la semilla. Estos medios, en términos relativos, no son demasiado costosos y no hace falta que sean complejos. A pesar de ello, el número de bancos importantes de semillas forestales que hay en el mundo es muy pequeño y se puede afirmar que en los países tropicales no hay ninguno. Frankel (1970) llega a la conclusión de que el medio mejor, y con frecuencia el único que existe, para conservar todos los fondos genéticos que deben y merecen ser conservados, pero que no pueden serlo en su habitat natural, consiste en hacerlo siempre y donde sea posible, en colecciones. Harrington (1970) ha examinado a fondo los métodos de almacenamiento de las semillas y del polen de especies forestales. De su estudio se desprende claramente que el almacenamiento de las semillas y del polen de especies forestales es un medio eficaz para conservar los recursos genéticos de ciertas especies. Sin embargo, todavía se ignora, a falta de datos de investigación, hasta qué punto este método puede utilizarse para muchas de las especies tropicales que hasta ahora tienden a perder rápidamente su viabilidad durante el almacenamiento.

Dadas las cantidades cada vez mayores de recursos genéticos forestales que se utilizan en el ámbito de los diversos programas de prospección, conservación o explotación, ha habido que elaborar una nomenclatura paralela a la de los cultivos agrícolas y hortícolas. Jones y Burley (1973) han tratado últimamente de codificar esta nomenclatura. En la figura 1 se resumen sus recomendaciones.

La conservación de los recursos genéticos forestales debe ir acompañada de la conservación y divulgación de los datos correspondientes. Finlay y Konzak (1970) han tratado este problema en términos generales, y Burley *et al* (1974) han resumido la bibliografía relativa al acopio, archivo y localización de información sobre silvicultura, y han indicado el valor de los programas de informática en relación con la localización de datos referentes a la conservación y utilización de recursos genéticos forestales. Estos autores también han citado, como ejemplo, un banco internacional de datos sobre las especies tropicales y las investigaciones sobre procedencias que funciona en el Commonwealth Forestry Institute.

Los métodos que emplean los especialistas que se ocupan de la prospección, conservación y utilización de recursos genéticos vegetales, no forestales, suelen ser aplicables a los recursos genéticos de especies forestales y de hecho ya se aplican en muchas partes del mundo, como se indica en las monografías (véase también Kemp *et al* 1972, Fowler y Yeatman 1973, Roche 1971). Además, la preocupación de los forestales por conservar los ecosistemas en los bosques naturales, especialmente los de los países tropicales, la comparten ahora los ecólogos y los ordenadores de la fauna silvestre. Se impone un esfuerzo cooperativo ya que, como ha indicado Richardson (1970), las dificultades que plantea la reserva de masas con el fin exclusivo de la genética forestal, impone que se combine este objetivo con el de la conservación de los recursos con otros fines científicos y económicos, como por ejemplo: la ordenación de la fauna; el recreo; las bellezas naturales; la conservación de aguas, y la protección de cuencas.

#### NICHOS ECOLOGICOS DE ARBOLES FORESTALES

No estará de más que estudiemos el concepto del nicho bajo el epígrafe general de la genética, ya que las características del nicho son las que determinan la arquitectura genética de las especies y de sus poblaciones. El nicho se define como el conjunto de condiciones del medio ambiente que permiten la sobrevivencia de una población en simbiosis con dicho medio ambiente (Stern y Roche 1974). El estudio de uno o de varios componentes del medio ambiente permite, con frecuencia, determinar la amplitud del nicho. Así por ejemplo, la duración del período vegetativo, que se supone se inicia cuando la suma de las temperaturas en grados/días alcanza un determinado nivel en la primavera y termina cuando la duración del día llega a un punto crítico en el otoño. Las adaptaciones a la duración del período vegetativo dependerán también de las heladas tempranas y tardías. Por consiguiente, existen por lo menos cuatro factores que hay que tomar en cuenta para determinar el nicho: la fecha y el valor de la suma de las temperaturas necesarias para que se inicie el ciclo vegetativo y reproductor (figuras 2 y 3); la frecuencia y distribución en el tiempo de las heladas primaverales y la fecha de la duración crítica del día en el otoño.

En los trópicos no se producen heladas a baja altitud y, por consiguiente, no es un factor que haya que considerar en esta zona, pero existen otros muchos que prevalecen y que han dado lugar a la especialización de una multitud de pequeños nichos y como resultado a un mayor grado de especialización que en la zona templada septentrional.

En este contexto, la introducción del concepto de nicho es importante por dos motivos. El primero es que es fundamental para comprender bien las variaciones genéticas inter e intraespecíficas y la forma de conservarlas y, el segundo, es que deja de hacerse hincapié en el enfoque tradicional de la ecología forestal para hacerlo en la genética ecológica. Este cambio de enfoque es necesario para poder incorporar la mencionada distinción que hace Frankel (1970) entre conservación de la naturaleza y conservación del patrimonio genético en una metodología de la conservación de los recursos genéticos forestales. Esto se pone de relieve en los capítulos 3 y 4, donde se indica que los datos resultantes de los experimentos sobre la genética de las especies han servido de criterio para decidir entre la conservación ex situ o in situ de los valiosos recursos genéticos forestales.

## LA VARIACION INTRAESPECIFICA Y SU CONSERVACION

La mayoría de las especies forestales estudiadas han manifestado variaciones intraespecíficas, casi siempre sorprendentes y fácilmente demostrables. Aunque suelen comprenderse sus causas es más difícil demostrarlas. Casi todos los trabajos experimentados se han referido a especies de la zona templada septentrional. Sin embargo, las relativamente pocas especies tropicales que se han estudiado han presentado también variación intraespecífica. Esto plantea un problema importante en relación con la conservación de los recursos genéticos tanto in situ como ex situ. En las monografías se describe la forma en que puede superarse el problema para cada especie y región y, por lo menos en un país de la zona templada septentrional, existe un programa nacional bien concebido de conservación de recursos genéticos forestales cuyo objeto es conservar todo el espectro de variación genética de las cuatro especies comerciales principales que crecen en el territorio nacional. La importancia de este programa justifica su descripción con algún detalle, ya que puede convenir que sirva de emulación para otros países con ecosistemas similares. Además, preconiza una metodología que aunque tal vez no sea enteramente aplicable en los trópicos, es, en buena parte, aplicable también a estos ecosistemas.

En Finlandia se han elegido y protegido de la corta (figura 4) masas de origen natural representativas de cada una de las amplias zonas climáticas del país. Se excluye de esta elección a toda masa que pueda haber sido contaminada por el polen de plantaciones adyacentes no indígenas. En la mayoría de los casos, estas masas tipo consisten en una parcela de 100 x 100 m encuadrada en un vasto cuartel de bosque de 100 m de origen indígena. De este modo, el tamaño efectivo de la "zona amortiguadora" supera con mucho a los 100 m de zona circundante protegida de la corta y el rodal tipo es simplemente una muestra de una zona mayor de bosque en la cual se conserva la integridad genética a todo fin útil.

Después de haber medido las dimensiones de cada rodal y de haber procedido a su cartografía se registran todos los hechos y datos que le conciernen. Toda la semilla destinada a fines experimentales, incluida la investigación genecológica se recoge de estos rodales tipo y cuando la cantidad de semilla recogida es suficiente se mantiene separadamente por árbol de origen. Cuando un rodal tipo entra en decadencia se le regenera, bien sea por medios naturales o artificiales, utilizando semilla del mismo rodal y, actualmente, sólo se utiliza semilla del rodal tipo para establecer plantaciones locales (Hagman 1971). Con el tiempo también se utilizarán estirpes mejoradas procedentes de fuentes locales.

El mérito del programa finlandés de conservación de recursos genéticos forestales es que se ha concebido y planificado a nivel nacional y forma parte de un plan dinámico de ordenación forestal y sirve de base para un programa de mejora genética de explotación que es parte y no se disocia del programa nacional de repoblación forestal. Las investigaciones fenológicas sobre los ciclos vegetativos y de reproducción en las diferentes zonas climáticas ofrecen los criterios para decidir acerca de los emplazamientos para la creación de huertos semilleros y de las procedencias que conviene incluir en ellos (véanse figuras 2 y 3). De esta forma se llega a conocer la variación intraespecífica y es posible conservarla y explotarla.

## ESTRUCTURA Y TAMAÑO EFECTIVO DE LA POBLACION

Estas cuestiones plantean problemas importantes que se refieren tanto a la conservación in situ como ex situ y que Stern y Roche (1974), Koski (1974) y Dyson (1974) han estudiado a fondo. La estructura genética de una población depende de su medio ambiente y uno o más individuos pueden servir de ejemplo adecuado de dicha población según haya sido su sistema de fecundación, el que a su vez, está regulado genéticamente. Pueden distinguirse, en general, tres sistemas de fecundación en los árboles forestales: i) la panmixis en la cual existe la misma probabilidad de fecundar entre cada individuo y cualquier otro individuo del sexo opuesto; ii) la fecundación por afinidad genotípica, en la cual la probabilidad de fecundación dependerá del grado de parentela (la fecundación por afinidad genotípica es negativa en los polinizantes cruzados obligados y positiva en los autopolinizantes); iii) la fecundación por afinidad fenotípica, positiva y negativa,

en la cual los caracteres fenotípicos son los responsables de la desviación de la panmixis (Stern y Roche 1974).

El sistema de fecundación de varias de las especies coníferas de la zona templada septentrional se ha estudiado con considerable detalle desde hace muchos años. Además, las investigaciones genecológicas de largo plazo, combinadas en estos últimos años con técnicas isoenzimáticas más recientes para el análisis de las poblaciones, han permitido elucidar los modelos de variación intraespecífica, en particular en Picea abies y Pinus sylvestris. A pesar de esta investigación detallada, durante un largo período de tiempo, los investigadores no han logrado todavía llegar a un acuerdo unánime acerca de qué es lo que puede considerarse un tamaño de población efectiva ni sobre la extensión de las superficies que hacen falta para lograr la perpetuación de determinadas poblaciones de estas especies en un ecosistema dado. La mejor recapitulación de los datos disponibles en este campo se debe a Koski (1974) que llega a la siguiente conclusión:

"El material empírico recogido de poblaciones forestales naturales de área continua concurre en muchos aspectos con el modelo basado en un gran tamaño de población efectiva. Este modelo como tal, sin embargo, no puede aplicarse a todos los bosques. Efectivamente, no pueden producirse cruzamientos en escala de igual envergadura, especialmente cuando toda la superficie de diseminación se ha reducido a pequeños islotes separados. El modelo de fecundación adquiere indudablemente también una forma esencialmente diferente cuando la densidad media de la población es muy reducida, por ejemplo, del orden de un árbol por hectárea. Actualmente no se puede calcular en modo alguno hasta qué punto la población puede ser rala o qué dimensión pueden tener los claros del bosque antes de que se produzca un cambio en la situación de la polinización y en la estructura de la población. En cualquier caso, los requisitos previos para la existencia de grandes poblaciones efectivas predominan en las enormes e importantes zonas boscosas de los continentes Norteamericanos y Eurasiano" (Koski 1974).

Casi todos los árboles de la zona templada septentrional son más o menos anemógamos o alógamos. Por consiguiente, su población reproductora efectiva, en un bosque continuo, es grande, como sugieren Koski (1974) y Toda (1965) quienes indican una población de 10 000 individuos. En cambio, son pocas las frondosas tropicales que son anemógamas y en su mayoría las polinizan insectos, aves y murciélagos. En contra de lo que ocurre con las especies coníferas septentrionales, las especies tropicales pueden producirse como individuos muy diseminados; en muchos casos un sólo individuo para cada una o dos hectáreas (véase cuadro 1, capítulo 6). Además, aunque todas las formas de sistemas de fecundación prevalecen en las especies frondosas tropicales, existen pruebas de que la autogamia es común y, por consiguiente, la población reproductora efectiva probablemente será pequeña en comparación con las especies de la zona templada septentrional. Ashton (1969) ha caracterizado la situación en los bosques de dipterocarpos del sudeste de Asia como sigue: "Un sistema de fecundación no especializado en el que la autogamia es corriente, pero donde el cruzamiento entre individuos del mismo grupo de árboles y, en grado menor pero significativo, entre grupos de árboles de una misma población, se produce con bastante frecuencia como para permitir el intercambio de genes en todas las poblaciones de un habitat continuo" (véase fig. 2, capítulo 6).

Como se ha indicado ya, el propio sistema de fecundación está bajo control genético y puede modificarse bajo la presión del medio ambiente. Cabe citar como ejemplo dos especies tropicales apropiadamente documentadas. Theobroma cacao es una especie ecuatorial cuyo centro de distribución se halla situado al pie de la vertiente oriental de los Andes. Manifiesta una gran variación genética y autoincompatibilidad. A medida que aumenta la distancia desde el centro de distribución, la proporción de individuos autoincompatibles disminuye, así como también la variabilidad genética de la población. La polinización de Theobroma la efectúan las mosquillas. La polinización cruzada sólo es posible cuando los árboles están agrupados en masa, como ocurre en su área central. Por lo tanto, la menor densidad de población hacia el límite de su área de distribución puede haber causado el aumento que se observa en la proporción de árboles autofértiles. Cabe observar que estas poblaciones

periféricas introducidas en otras zonas son también capaces de autofecundación. En el caso de Hevea brasiliensis, otra de las especies de bosque higrofitico tropical que han sido investigadas, se producen fenómenos similares (Cope 1962a, b, Purseglove 1964, citado por Stern y Roche 1974).

Estos dos ejemplos nos dan una idea de algunos de los factores biológicos importantes que influyen directamente en la conservación de los recursos genéticos. En el caso de la mayoría de las especies forestales tropicales, existe escasez de datos experimentales del tipo que se dan para Theobroma y Heves y para Picea glauca y Pinus banksiana en el capítulo 3. Esto constituye un obstáculo importante para la elaboración, a la larga, de una metodología científica de la conservación y utilización de los recursos genéticos de dichas especies. Sin embargo, es evidente, como se subraya anteriormente y en el capítulo 6, que no puede aguardarse para emprender medidas de conservación a disponer de más información sobre la estructura de la población y sobre el tamaño efectivo de la población de las especies frondosas tropicales. Hace falta una metodología aplicable inmediatamente. En el capítulo 6 se describe esta metodología con referencia especial a Africa, y también se describe un programa de investigación que le sirva de apoyo. A este respecto se remite a los trabajos de Hedberg y Hedberg (1968) y Finol y Melchior (1969, 1974). Estas dos obras son una importante fuente de documentación sobre la conservación in situ de los recursos genéticos de frondosas tropicales. La primera trata de la conservación de la vegetación en los estados africanos al sur del Sahara y en la última se describe la metodología de la conservación de los recursos genéticos forestales propuesta para las especies frondosas de un país latinoamericano.

Allard (1970) estudia en detalle el problema de la estructura de la población y del muestreo de la variabilidad genética. Da también un ejemplo de la metodología del muestreo para la avena loca (Avena fatua) en California central que se basa en los estudios cuantitativos de la variación intraespecífica en dicha especie. Llega a la conclusión de que la mayor parte de la variabilidad genética significativa en las especies de avena loca en una zona de California que se extiende unos 600 km en dirección norte-sur y 200 km en dirección este-oeste, puede probablemente incluirse en una muestra de un millón de semillas, a condición de que la muestra tenga la estructura siguiente: diez semillas (una panícula) por planta, 200 plantas por población local (definida como ocupando un lugar de alrededor de 50 x 50 m), 5 poblaciones locales por región (definida como una zona de una superficie de aproximadamente 5 x 5 km), 20 regiones por transección este-oeste y 5 transecciones distribuidas a intervalos de más o menos 200 km desde el norte de California hasta la frontera mexicana. La distancia entre transecciones puede ser inferior a 200 km en las zonas de topografía accidentada y mayor en las de terreno llano.

Es dudoso que actualmente puedan formularse recomendaciones tan concretas para una sola especie de árboles, incluso aunque haya sido estudiado intensamente como, por ejemplo, Pinus sylvestris y Abies excelsa. Incluso para otros cultivos agrícolas son raras las especies que han sido estudiadas con bastante detalle para poder contar con los datos necesarios (Allard 1970).

El ejemplo de Allard es, sin embargo, importante desde el punto de vista de las normas de muestreo en general, ya que como indica, para formular procedimientos de muestreo aplicables a casos que no se han estudiado o que se han estudiado en forma incompleta, no hay más solución práctica que establecer planes a partir de casos bien estudiados y seguidamente extrapolarlos a otros para los cuales no se dispone de información de base. Las indicaciones obtenidas de esta forma, aunque estén lejos de ser las preferibles, siempre son mejores que las normas completamente arbitrarias, especialmente si se aplican con un cierto sentido común desde el punto de vista biológico.

Por consiguiente, la ausencia de datos basados en los resultados de la investigación que permitirían evaluar razonablemente el tamaño efectivo de la población y la diversidad genética de los árboles forestales, especialmente de las especies tropicales, no debe impedir la implementación de programas de conservación. Es posible que durante bastante tiempo no se cuente con datos precisos, pero mientras tanto hay que tomar con urgencia medidas de conservación. Las normas que se proponen en la Parte III de este documento tienen por objeto servir de base para una acción inmediata. Naturalmente podrán modificarse a la luz de la experiencia y en función de las condiciones locales.

#### REFERENCIAS

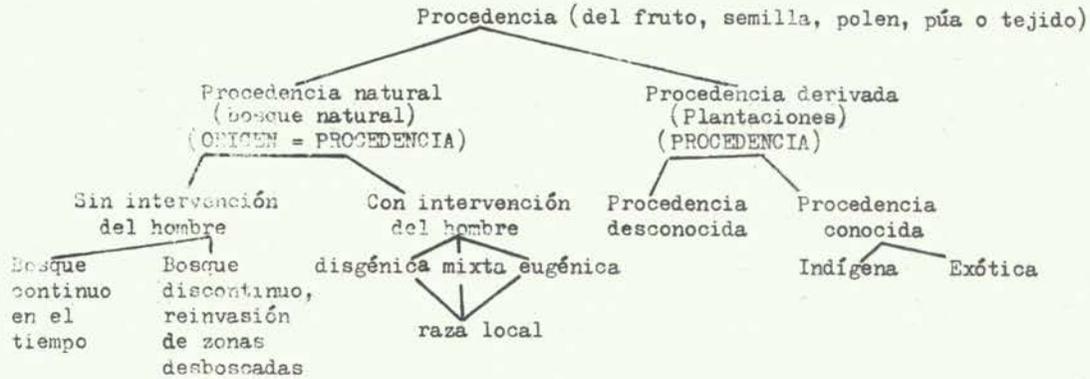
- Allard, R.W., Population structure and sampling methods. In Frankel and Bennett (eds):  
1970 Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Ashton, P.S., Speciation among tropical forest trees: some deductions in the light of  
1969 recent evidence. Biol. J. Linn. Soc. 1:155-196.
- Burley, J. et al, Data collection storage and retrieval in Forestry. Proceedings of  
1974 10th Commonwealth For. Con. Oxford.
- Cope, F.W., The mechanisms of pollen incompatibility in Theobroma cacao. L. Heredity  
1962a. 17: 157-182.
- Cope, F.W., The effects of incompatibility and compatibility on genotype proportions  
1962b. of Theobroma cacao. L. Heredity 183-195
- Dasmann, R.F., Internal memorandum on the conservation of natural areas and of the  
1973 genetic material they contain. IUCN Morges.
- Dyson, W.G., A note on the conservation of tree species in situ. En el tercer Informe  
1974 del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos Forestales. FAO. Roma.
- Finley, K.W. y Konzak, C.F., Information, storage and retrieval. In Frankel and  
1970 Bennett (eds.): Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Finol, H. y Melchior, G.H., Some aspects of conservation of genetic resources of  
1974 indigenous species of current commercial value in Venezuela. Forest Genetic Resources Information. Nº 3. FAO. Roma.
- Finol, H. y Melchior, G.H., Unos apuntes sobre la conservación de reservorios de genes  
1969 de especies forestales indígenas de actual valor comercial en Venezuela. Revista Forestal Venezolana. Vol. 8. Nº 19/20.
- Fowler, D.P. y Yeatman, C.W., Symposium on the conservation of forest gene resources.  
1973 Proc. 13th Meeting Committee on Forest Tree Breeding in Canada. Canadian Forestry Service. Ottawa.
- Frankel, O.H. y Bennett, E. Genetic resources in plants - their exploration and conservation.  
1970 Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Frankel, O.H., Genetic conservation in perspective. In Frankel and Bennett (eds.):  
1970 Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

- Franklin, J.F. y Trappe, J.M., Natural areas: needs concepts and criteria. Jour. 1967 For. 66: 456-461
- Hagman, M., The Finnish standard stands for forestry. Proc. 13th Meeting Comm. For. 1971 Tree Breeding in Can.
- Harrington, J.F., Seed and pollen storage for conservation of plant gene resources. 1970 In Frankel and Bennett (eds.): Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Hedberg, I. y Hedberg, O., Conservation of the vegetation in Africa south of the Sahara. 1968 Acta Phytogeogr. Suec. 54.
- Jones, N. y Burley, J., Seed certification, provenance nomenclature and genetic history 1973 in forestry. Silvae Genetica 22: 53-58.
- Kemp, R.H. et al, International cooperation in the exploration, conservation and 1972 development of tropical and sub-tropical forest gene resources. Seventh World Forestry Congress. Document 7CFM/C: V/49.
- Koski, V., Effective population size in a really continuous forest. Pro. of the joint 1974 meeting of IUFRO Working Parties on Population Genetics and Breeding Theory. Estocolmo.
- Purseglove, J.W., The spread of tropical crops. In genetics of colonizing species. 1964 Academic Press. Nueva York.
- Richards, P.W., Some problems of nature conservation in the tropics. Bull. Jard. 1971 Bot. Belg. 41: 173-187.
- Richardson, S.D., Gene pools in forestry. In Frankel and Bennett (eds.): Genetic 1970 resources in plants - their exploration and conservation. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Roche, L., The conservation of forest gene resources in Canada. For. chron. 1971 47: 215-217.
- Sarvas, R., Investigations on the flowering and seed crop of Picea abies. 1968 Comm. For. Finn. 67: 1-84.
- Shanklin, J.P., Scientific use of natural areas. Jour. For. 49: 793-794. 1951
- Stern, K. y Roche, L., Genetics of Forest ecosystems. Springer-Verlag. Berlin. 1974
- Toda, R., Preservation of gene pool in forest tree populations. Pro. IUFRO. 1965 Working Party. Zagreb.
- Unesco., Educational activities under Man and the Biosphere Programme. Report of the 1972a. Expert Panel on Education. MAB.
- Unesco., Interactions between environmental transformations and genetic and demographic 1972b. changes. Report of Expert Panel on Project 12. Mab.
- Unesco., Conservation of natural areas and of the genetic material they contain. Report 1973 of Expert Panel on Project 8. MAB.
- Van Steenis, C.G.G.J., Plant conservation in Malaysia. Bull. Jard. Bot. Nat. 1971 Belg. 41: 189-202.

Figura 1. Tomada de Jones y Burley (1973)

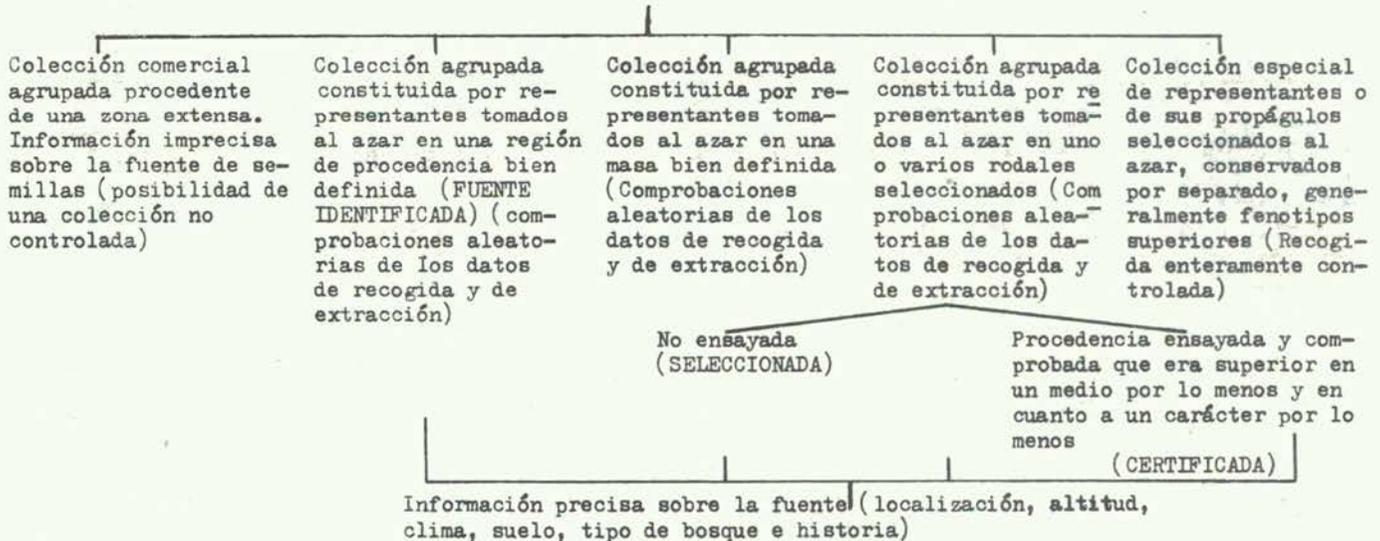
Clasificación estilizada de la historia genética

A. Clasificación en procedencias naturales y derivadas



N.B. Todo el sistema, o cualquier parte del mismo, puede repetirse para parentelas del orden de un árbol genitor, de 2 a 10 árboles genitores o de más de 10 árboles genitores; lo mismo por año de recogida. Los términos equivalentes tomados del sistema de la O.C.D.E. se dan en letras mayúsculas, entre paréntesis.

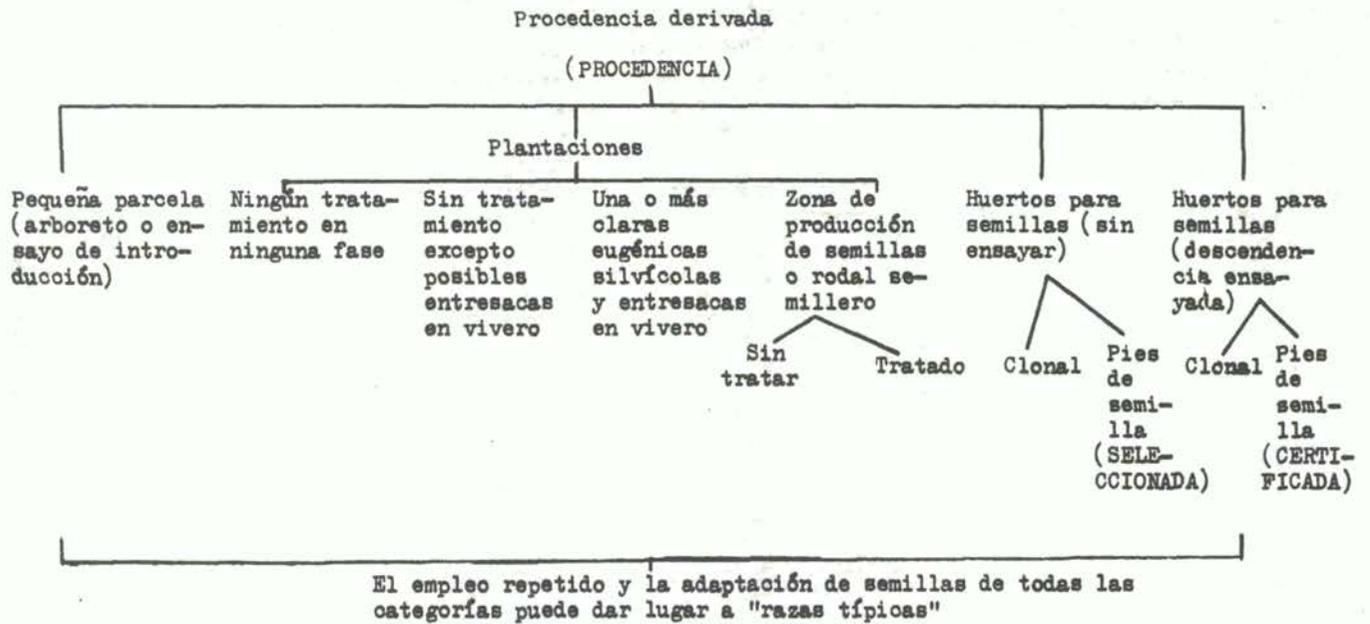
B. Subclasificación de la procedencia natural  
Procedencia natural  
(ORIGEN Y PROCEDENCIA)



N.B. La información, valor y uniformidad aumentan de izquierda a derecha.

Fig. 1 (Continuación)

C. Subclasificación de las procedencias derivadas



N.B. La información, el valor y la uniformidad aumentan de izquierda a derecha.

Figura 2. Picea abies. Procedencia Brouard. 1, 1964. Distribución de la frecuencia acumulativa de las sumas de las temperaturas de singamia, es decir, la fusión del núcleo fecundante derivado del polen (véase Fig.3). La suma de las temperaturas se expresa en grados días, la media en este caso es de 401. De esta forma, el ciclo reproductivo de una población natural de árboles forestales se ve controlado en función de un factor dominante del medio ambiente en el cual se establece la población y al cual se ha adaptado (Tomado de Sarvas 1968).

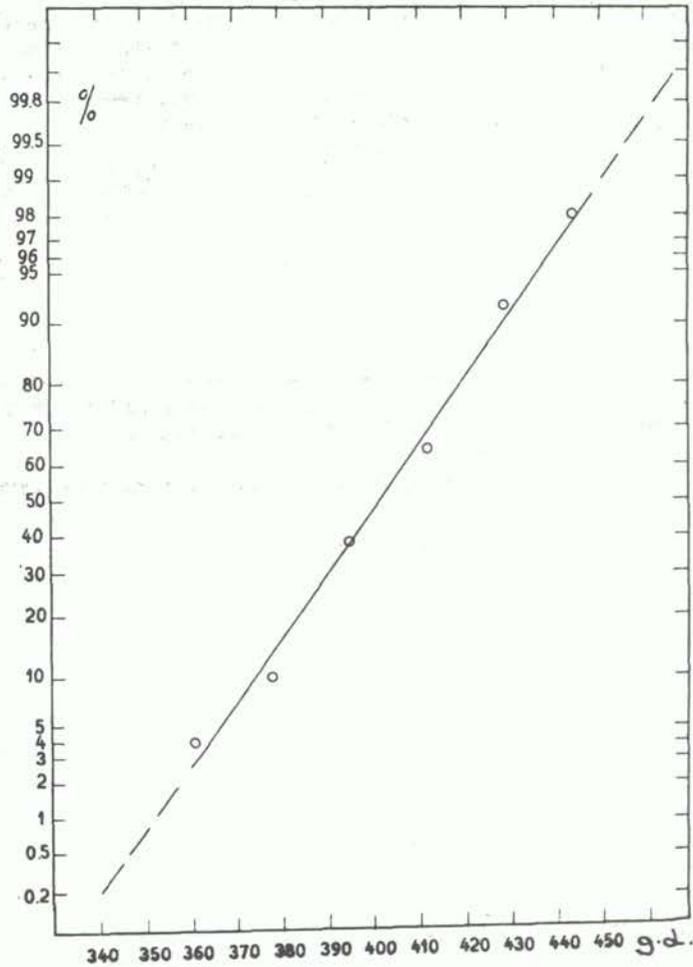


Figura 3. Picea abies. Procedencia Tuusula xxx, 1962. Frecuencias acumulativas de las sumas de temperaturas de las capturas de polen, establecidas sobre fichas de frecuencia. La media obtenida en la línea resultante es de 131,5 g.d. (grados días) y la desviación tipo de la distribución S es de 9,0 g.d. Las observaciones como las que se dan aquí y en la figura 2 caracterizan efectivamente la población y nos dan un criterio para la elección de la ubicación de los huertos semilleros y la selección de las procedencias que han de incluirse en dichos huertos semilleros (Tomado de Sarvas 1968).

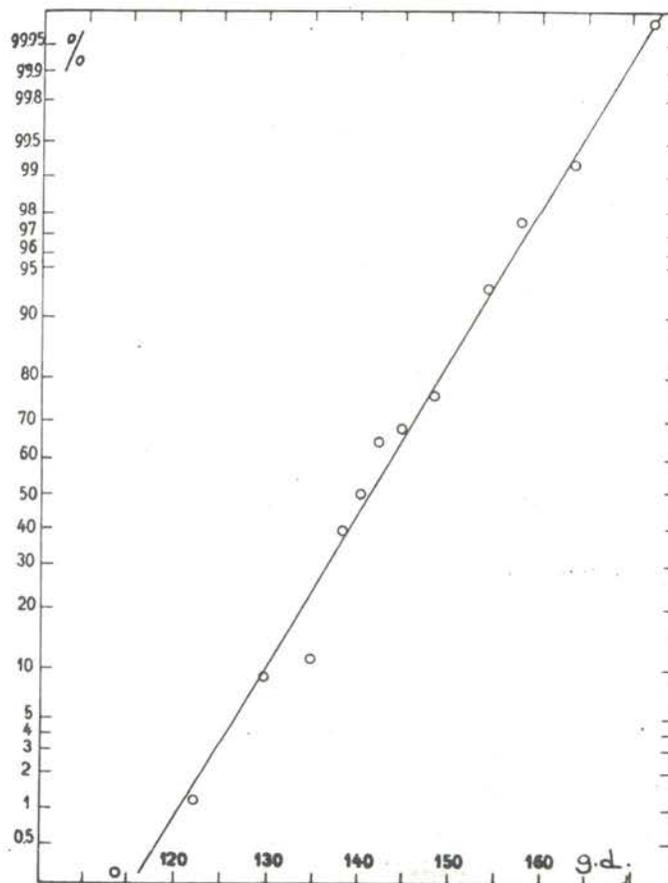
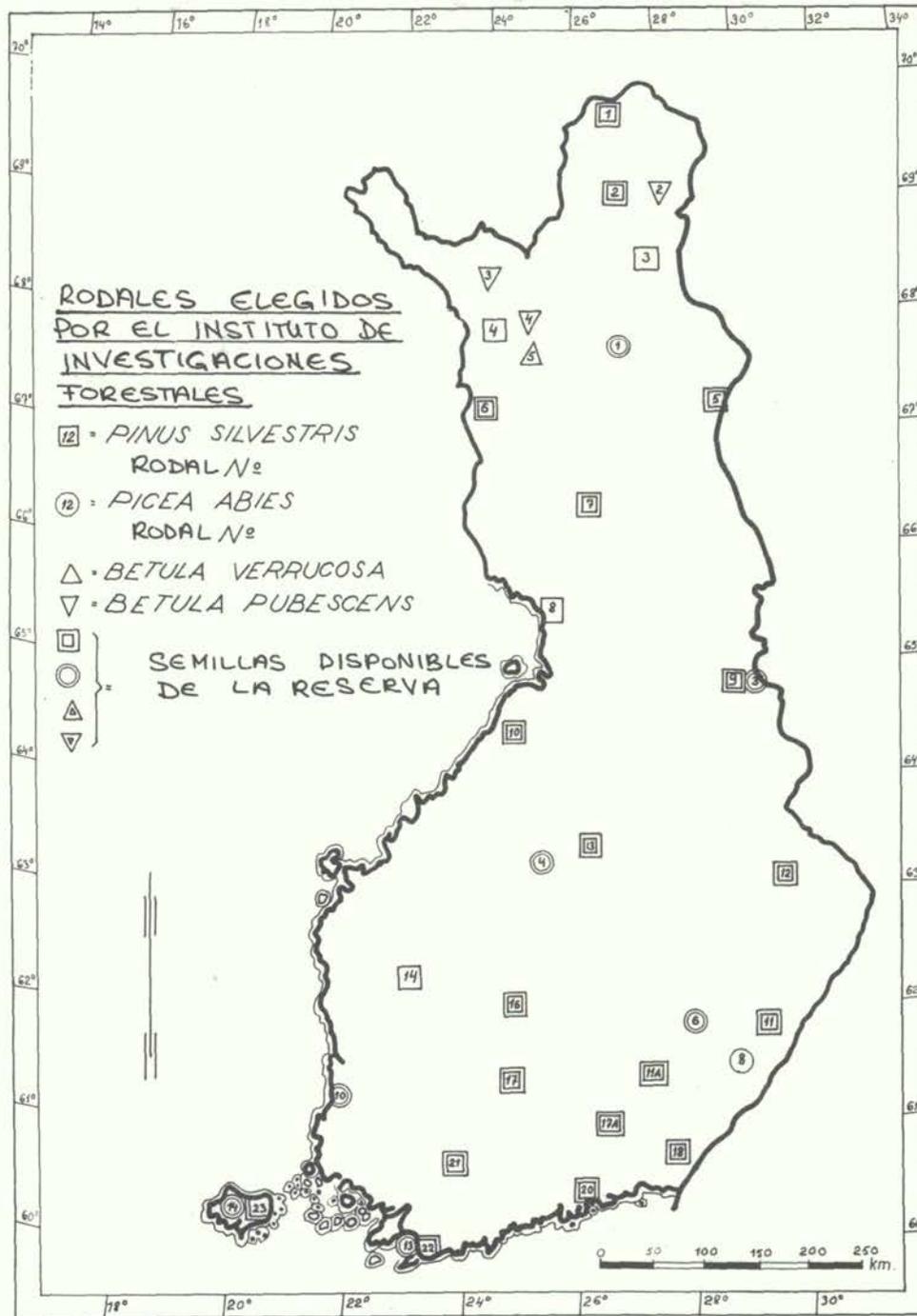


Figura 4. Rodales standard finlandeses destinados a los ensayos de procedencia y de descendencia para la conservación de los recursos genéticos (Tomado de Hagman 1971).



## LIMITACIONES DE ORDEN

L.R. ROCHE

Departamento de Ordenación de Recursos Forestales, Universidad de Ibadán

### DEMANDAS COMPETIDORAS DE TIERRAS FORESTALES

Debido al rápido crecimiento demográfico que se registra actualmente y la demanda de niveles de vida superiores, la presión económica que se ejerce para la conversión del bosque en aprovechamientos agrícolas y de otro tipo y para una explotación destructiva, a corto plazo, de la producción forestal, los objetivos de la conservación genética en muchas regiones corren grave peligro. Sólo se puede resistir a esta presión si se considera la conservación de los recursos genéticos como parte integrante de una ordenación dinámica de los recursos a largo plazo.

Esto pone de relieve la necesidad de combinar, cuando sea posible, las medidas de conservación con otras actividades no destructivas, tales como el turismo y la silvicultura. En cambio, cuando la conservación constituye el objetivo dominante de la ordenación como en el caso de las Reservas Naturales Integrales, las normas de protección y la ordenación deberán observarse rigurosa e inflexiblemente.

### EDUCACION, OPINION PUBLICA Y POLITICA

La educación, la opinión pública y la política son interdependientes, como indica Dasmann (citado en Unesco, 1973) a propósito del Programa sobre el Hombre y la Biosfera. A su juicio, el único medio de cumplir, lo antes posible, estos compromisos consiste en lograr que la opinión pública de cada país así lo exija y, por consiguiente, dicha opinión pública tiene que tener una conciencia más cabal no sólo del problema en sí, sino también de los medios y de los dispositivos necesarios para resolverlo.

En el contexto de la conservación de los recursos genéticos forestales, es necesario que la educación y la divulgación de la información adopten tres formas. La primera se refiere a que el público adquiera conciencia del problema. La segunda es crear esta conciencia del problema y de las técnicas para su resolución entre los altos funcionarios encargados de la ordenación del patrimonio forestal nacional. La tercera se refiere a la enseñanza de subgraduados y a la investigación a nivel de postgrado en materia de la conservación y utilización de los recursos genéticos forestales. En cada una de estas etapas, las actividades de las organizaciones internacionales (FAO, IUFRO, PNUMA, UICN, Unesco) pueden tener una influencia preponderante.

El programa de enseñanza progresivo sobre el hombre y la biosfera (Unesco 1972a) tendrá un papel importante que desempeñar para inculcar en el público la necesidad de conservar el patrimonio genético. La sección del Programa Biológico Internacional que se ocupa de la conservación de las comunidades terrestres (Nicholson 1968) ha hecho ya mucho a este respecto. Franson *et al* (1973) han demostrado el importante papel de este programa en la designación de Reservas Naturales Integrales en la Columbia Británica y en la formulación de su estatuto jurídico. Las organizaciones forestales profesionales deben participar plenamente en tales programas en los cuales la educación del público, que es importante, debe aumentarse e intensificarse (véanse Weetman 1970, Roche 1971, Fowler y Yeatman 1973).

El análisis del problema de la conservación de los recursos genéticos forestales y de la metodología que hay que adoptar en el plano nacional para resolverlo puede contribuir mucho a la formulación de la política gubernamental (véase FAO, 1969, 1972, 1974). El programa detallado y práctico establecido por Finol y Melchior para Venezuela (1974), es un buen ejemplo. El principal mérito de este programa es que se basa en una evaluación pragmática de lo que es posible hacer inmediatamente dentro de las actuales estructuras

gubernamentales y del plan de ordenación forestal en marcha. Como afirman los autores, "...insistimos en que la política forestal nacional en lo que se refiere a los aspectos de la conservación debe basarse en el establecimiento de reservas forestales ordenadas racionalmente". Cabe repetir aquí lo que se subraya en el capítulo 6 en relación con las frondosas tropicales, o sea, que en la mayoría de los países del Africa tropical y de otras partes del mundo, los departamentos de montes del Gobierno son los que controlan el patrimonio forestal mientras que en algunos países parte de dicho patrimonio se halla bajo el control de las administraciones de los parques nacionales. Por lo tanto, sólo se podrán aplicar medidas efectivas para la conservación de los recursos genéticos forestales a través de estos servicios gubernamentales. En toda metodología que se proponga habrá que reconocer este hecho.

#### ASPECTOS JURIDICOS

La conservación de los recursos genéticos forestales, tanto in situ como ex situ, tropieza con varios importantes obstáculos de carácter jurídico. En el capítulo 6 se alude a la vulnerabilidad de las Reservas Naturales Integrales (RNI) de Nigeria y Uganda porque su condición jurídica no asegura su inviolabilidad. En cambio, las Reservas Naturales Integrales de Kenia gozan de la protección oficial de la ley y de un estatuto jurídico diferente del de las reservas forestales en las cuales se hallan ubicadas.

Franson et al (1973) explicaron, en un Simposio sobre Conservación de Recursos Forestales, cuáles eran las disposiciones jurídicas y administrativas indispensables para la conservación de un fondo de genes. Su ponencia es un importante documento ya que no sólo demuestra un conocimiento a fondo de los problemas jurídicos, sino también el de los imperativos ecológicos de la conservación de los recursos genéticos forestales. Los autores plantean las siguientes cuestiones relativas al establecimiento de RNI:

- i) ¿En qué forma se eligen las zonas que han de beneficiarse de una tenencia a largo plazo y de una protección legal contra toda violación por agentes exteriores y contra toda utilización incompatible?
- ii) ¿En qué forma, una vez establecida la reserva ecológica, cabe regularse para asegurar la perpetuación de los caracteres por los cuales ha sido elegida?

Los autores responden a estas cuestiones dentro de un contexto federal y citan la forma en que el programa de Columbia Británica protege jurídicamente las RNI. Llegan a la conclusión, sin embargo, de que quedan pendientes aún muchos problemas en lo que se refiere a las RNI y que la utilidad de éstas es por lo tanto más difícil de demostrar a los funcionarios gubernamentales. Estos, por ejemplo,

"...quisieran saber cuánto costaría el programa; pero la incertidumbre, en cuanto a la justificación de los sistemas de clasificación (lo mismo de los datos sobre los efectivos reales de la población reproductora, etc.), hace que resulte imposible conseguir una evaluación realista del número de comunidades vegetales que hay que proteger y, por consiguiente, de la superficie total necesaria. También se plantea la cuestión, entre otras, de la forma en que conviene utilizar estos lugares. En qué medida, por ejemplo, se puede pensar en utilizarlos con fines educativos, para los alumnos de segunda enseñanza. También cabe preguntarse si las necesidades de los investigadores especializados en genética vegetal son compatibles con los criterios de la ordenación de las reservas ecológicas o si hay que reservarles superficies suplementarias. Cuanto antes pueda contestarse en forma firme a estas cuestiones, antes se podrá convencer a los funcionarios de que el programa relativo a las reservas ecológicas está bien concebido y merece la pena."

No cabe duda que hay que estudiar más a fondo los aspectos jurídicos de las RNI y que cuando existe una legislación apropiada como, por ejemplo, en los Estados Unidos, Canadá y Kenia, conviene averiguar si no se podría aplicarla en otros sitios.

La legislación relativa a la certificación de semillas tiene importantes consecuencias en lo que se refiere a la conservación de los recursos genéticos forestales y es necesario examinar, por ejemplo, la establecida por los estados miembros de la OCDE en función de las necesidades de otros países, especialmente en el mundo en vías de desarrollo. Jones y Burley (1973) han hecho un excelente estudio de toda la cuestión de la certificación de semillas de especies forestales, nomenclatura de procedencia e historial genético. Los funcionarios de los países en desarrollo interesados por una legislación en este campo encontrarán información útil en dicho documento.

#### FINANCIACION Y PERSONAL

La insuficiencia de las medidas de financiación y del personal profesional y técnico apropiado son los principales obstáculos con que tropieza la conservación de recursos genéticos forestales, especialmente en los países tropicales. Por consiguiente, dichos países necesitarán ayuda para capacitar personal y para implementar las medidas de conservación. Además, si las instituciones de los países no tropicales, que ya se ocupan de la conservación de recursos genéticos forestales quieren iniciar o aumentar las actividades en los ecosistemas forestales tropicales, necesitarán también una asistencia cada vez mayor de los gobiernos locales o de los organismos internacionales.

La falta de una política bien definida de conservación de recursos genéticos forestales y la falta de financiación y de personal para aplicarla suelen ser interdependientes. El hecho de habilitar personal y medios financieros puede, de por sí, conducir a un reforzamiento de la política gubernamental y de la educación del público en materia de conservación.

#### INVESTIGACION

Muchas de las dificultades con las cuales se tropieza para formular una metodología de conservación de los recursos genéticos forestales, especialmente en los trópicos, se deben en gran parte a la falta de datos sobre la genética y ecología de las especies y ecosistemas. Esto se refiere no solamente a las especies no comerciales sino también a las principales especies indígenas comerciales. Sin embargo, en lo inmediato, no es tanto la falta de datos sobre los resultados de las investigaciones lo que constituye el principal obstáculo sino la falta de síntesis y de codificación de toda la información disponible al respecto.

Por ello es imperativo proceder a esta clase de síntesis y de codificación antes o al mismo tiempo que se desarrollen programas de investigaciones. Los trabajos de Hall (1974), Hall y Redhead (1974) e IYAMABO y Ola-Adams (1974) sobre las frondosas tropicales en Nigeria constituyen buenos ejemplos de la síntesis y codificación de la información pertinente, como requisito previo para la ejecución de un programa de conservación de recursos genéticos y para la formulación de un programa de investigaciones de apoyo. Para esta labor sería imprescindible prestar apoyo internacional a los investigadores que trabajen en determinadas regiones o sobre determinadas especies o grupos particulares de especies.

Es evidente que, a la larga, la falta de resultados de investigación representará un importante obstáculo para la conservación de los recursos genéticos forestales y existe la necesidad de desarrollar programas de investigación en los campos siguientes:

- i) Almacenamiento y ensayo de semillas, especialmente de especies tropicales
- ii) Variación intraespecífica y sus causas
- iii) Sistemas de mejoramiento genético
- iv) Fenología de la fructificación y floración
- v) Tamaño efectivo de la población
- vi) Dimensión que debe tener una Reserva Natural Integral para lograr la integridad del ecosistema
- vii) Dimensión de las zonas amortiguadoras que rodean las RNI
- viii) Reproducción sexual y multiplicación vegetativa
- ix) Posibilidades de establecer huertos semilleros para determinadas especies
- x) Ordenación de los ecosistemas de bosque natural en los trópicos

Para que estas investigaciones tengan la amplitud debida y los resultados repercutan positivamente en la conservación de los recursos genéticos forestales en los próximos 15 años, es imperativo contar inmediatamente con apoyo internacional, tanto técnico como financiero.

#### REFERENCIAS

- FAO. Informe de la primera reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos Forestales. FAO. Roma. 1969
- FAO. Informe de la segunda reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos Forestales. FAO. Roma. 1972
- FAO. Informe de la tercera reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos Forestales. FAO. Roma. 1974
- Finol, H. y Melchior G.H. Algunos apuntes sobre la conservación de reservorios de genes de especies forestales indígenas de actual valor comercial en Venezuela. Información sobre Recursos Genéticos Forestales, N° 3. FAO. Roma. 1974
- Fowler, D.P. y Yeatman, C.W. Symposium on the conservation of forest gene resources. Proc. 13th meeting Committee on Forest Tree Breeding in Canada. Canadian Forestry Service. Ottawa. 1973
- Franson, R.T. et al. Legal and regulatory aspects of gene pool maintenance in ecological reserves. Symposium on the conservation of forest gene resources. Proc. 13th meeting on Forest Tree Breeding in Canada. Canadian Forestry Service. Ottawa. 1973
- Hall, J.A.B. The ecological basis of silviculture in Nigeria high forest ecosystems. Bull. 1974 N° 5. Dept. For.Res.Man. Univ. of Ibadan. Nigeria (In press).
- Hall, J.A.B. y Redhead, J. Nigerian high forest stand tables: Species distribution for sixty forest blocks (unpublished manuscripts, Dept. For.Res.Man. Univ. of Ibadan. Nigeria). 1974

- Iyamabo, D.E. y Ola-Adams, B.A. Conservation of natural vegetation in Nigeria (unpublished 1974 manuscript Fed. Dept. of For. Res. Nigeria).
- Jones, N. y Burley, J. Seed certification, provenance nomenclature and genetic history in 1973 forestry. *Silvae Genetica* 22: 53-58.
- Nicholson, E.M. Handbook on the conservation section of the International Biological 1968 Programme (Nº 5). Beachwell Scientific Publications. Oxford.
- Roche, L. The conservation of forest gene resources in Canada. *For. Chron.* 47: 215-217.
- Unesco. Educational activities under Man and the Biosphere Programme. Report of the 1972a. Expert Panel on Education. MAB.
- Unesco. Conservation of natural areas and of the genetic material they contain. Report 1973 of the Expert Panel on Project 8. MAB.
- Weetman, G.F. The need to establish a national system of natural forested areas. *For. Chron.* 46: 31-33.

PARTE II

MONOGRAFIAS

CONSERVACION IN SITU Y EX SITU  
DE RECURSOS GENETICOS DE PINUS BANKSIANA Y PICEA GLAUCA

J.S. MAINI, C.W. YEATMAN Y A.H. TEICH

Canadian Forestry Service, Department of the Environment,  
Ottawa, Ontario

INTRODUCCION

La demanda mundial cada vez mayor de productos forestales y de conversión de tierras forestales para usos agrícolas y de urbanización en muchas partes del mundo es motivo de alarma entre los ordenadores de los recursos que ven mermar la base de bosque productivo. Los ejemplos de extinción y escasez de determinados tipos ancestrales para la mejora genética de material agrícola y hortícola, con un largo historial de selección y de cultivo intensivo (FAO 1969, Frankel y Bennet 1970) ha venido a reforzar la creciente preocupación en conservar recursos genéticos forestales en Canadá (Fowler y Yeatman 1973) donde casi todos los bosques que se cortan son masas primarias cuyo aprovechamiento intensivo es bastante reciente (Maini 1973). En este informe se describen someramente los bosques del Canadá, su composición, aprovechamiento y grado y carácter de la regeneración natural y artificial. Se centra la atención en la conservación de los recursos genéticos de dos importantes especies comerciales, a saber, Pinus banksiana Lamb. (pino de Banks) y Picea glauca (Moench) Voss (picea blanca).

EL MEDIO FORESTAL

Recursos forestales

Los bosques constituyen el carácter predominante del paisaje canadiense; se extienden unos 7 240 km de este a oeste y abarcan el 48 por ciento de los 922 millones de hectáreas del territorio canadiense. En alrededor del 50 por ciento de estas tierras forestales se puede producir abeto comercial según las normas actuales de aprovechamiento (Anón. 1970). La mayor parte del Canadá se hallaba cubierto de hielo durante el Pleistoceno y los bosques actuales se caracterizan por su relativa juventud; en los bosques boreales, la tierra ha permanecido cubierta de árboles durante un período que varía entre 5 000 y 10 000 años (Maini 1968). Ciento treinta especies, aproximadamente, constituyen los bosques indígenas del Canadá y la mayoría de las especies de importancia comercial, a excepción de las que crecen en la costa occidental, se hallan muy ampliamente distribuidas (Carlisle y Maini 1974).

Impacto del hombre

Antes de que se establecieran los europeos en el Canadá, las actividades de los aborígenes repercutieron muy poco en los bosques canadienses, especialmente desde el punto de vista de los recursos genéticos. Después de la colonización, casi el 2 por ciento del total de las tierras forestales del Canadá se han desbocado para dedicarlas a la agricultura y a la urbanización. Desde la colonización europea (Rousseau 1966) ni una sola especie vegetal se ha extinguido en el Canadá oriental y esta observación puede aplicarse también al resto del Canadá, especialmente en lo que respecta a las especies arbóreas. Sin embargo, las citadas actividades del hombre y las entresacas de determinadas frondosas meridionales para la industria del mueble han dado indudablemente por resultado un cierto empobrecimiento de los recursos genéticos de especies forestales en las poblaciones locales.

Actualmente se cortan al año aproximadamente un millón de hectáreas de bosque productivo (87 por ciento a matarrasa; el 12 por ciento en entresacas; y el 1 por ciento con otros tipos de corta). Desde el punto de vista de los recursos genéticos, es importante observar que del área total de bosque cortado, el 69 por ciento se regenera naturalmente, el 14 por

ciento se planta, se siembra y se somete a tratamiento silvicultural para la preparación del semillero (para la diseminación natural) y el restante 17 por ciento de la tierra que necesita tratamiento se deja sin tratar (R. Waldron, comunicación personal). Se calcula que se plantarán en Canadá casi 300 millones de plantitas en 1974.

Pinus banksiana y Picea glauca tienen una distribución transcontinental y figuran entre las especies de elevado valor comercial. Pinus banksiana es una especie colonizadora intolerante que se reproduce bien después del fuego y que suele encontrarse en masas puras extensas. Anualmente se plantan o siembran unas 16 000 ha de bosque talado con Pinus banksiana y esta superficie se cree que aumentará a 27 000 ha en 1980. En cambio, Picea glauca es relativamente tolerante a la sombra y crece en asociación con varias otras coníferas y especies caducifolias. Alrededor de 26 000 ha de bosque talado se plantan o siembran anualmente con Picea glauca, y esta superficie se cree que aumentará a más de 40 000 ha para 1980. Dada la importancia comercial de estas especies y la magnitud de los programas de regeneración artificial, se han iniciado algunas medidas para conservar los fondos de genes selectos de pino de Banks y de picea blanca in situ (regeneración de muestras de población e identidad perpetuada artificialmente en otros lugares que no sean el de origen). Estas medidas se basan en los conocimientos actuales de la genética y ecología de las dos especies y en la presente situación de las poblaciones de especial valor para el suministro futuro de semilla de alta calidad.

#### CONSERVACION IN SITU DE PINO DE BANKS

##### Aspecto silvícola

Este pino de dos acículas tiene una distribución transcontinental en el Canadá y en el nordeste de los Estados Unidos y constituye una fuente importante de madera y de fibra en casi todo su habitat (Figura 1). Su utilización actual es especialmente intensa en Ontario, con una corta anual de aproximadamente 4 millones de metros cúbicos, 80 por ciento de madera para pasta, lo que representa una tercera parte de toda la madera que se corta en la provincia (Anón. 1972, 1973).

El pino de Banks (Pinus banksiana Lamb.) es intolerante a la sombra y se adapta a suelos ligeros bien drenados y de escasa fertilidad (Rudolf 1958). Dentro de su área de distribución natural el clima varía entre marítimo, en el este, y frío continental en el norte y noroeste. En la naturaleza generalmente la regeneración sigue al fuego en las masas de madera en pie cuando las piñas serotinosas cerradas liberan a las semillas. Los bosques resultantes forman masas coetáneas de pino de Banks puro o en mezcla con otras especies colonizadoras tales como el álamo temblón (Populus spp.), el abedul (Betula spp.) y la picea negra (Picea mariana (Mill.) BSP). También se produce una regeneración esporádica en los suelos receptivos adecuados en la ausencia de incendios, en particular a partir de los latizos portadores de piñas abiertas con más frecuencia que los árboles más viejos.

La regeneración natural después de una corta a hecho suele ser insuficiente y mal distribuida, lo que exige una plantación adicional o la siembra directa, para aumentar la densidad de masa y mantener la productividad (Cayford et al 1967). Los pronósticos relativos a la regeneración artificial del pino de Banks prevén tasas anuales de 16 000 ha en Ontario y de 11 000 ha en Quebec, dos terceras partes por siembra directa y una tercera parte por plantación. Solamente para estos programas se necesitarán alrededor de 3 000 kg de semilla al año. La recogida, extracción y distribución de las semillas en escala tan grande conducirá, en unos pocos decenios, a la mezcla heterogénea de los fondos de genes si no se adoptan medidas para proteger la integridad genética de las poblaciones naturales selectas que todavía pueden encontrarse dentro de las zonas de explotación comercial del pino de Banks.

Aunque el pino de Banks no se halla en peligro de extinción, existe urgente necesidad de proteger los fondos de genes contra las pérdidas o la dispersión en las regiones sometidas a explotación extensiva y que son objeto de siembras y plantaciones en gran escala.

#### Antecedentes genéticos

Los estudios de procedencia bajo condiciones reguladas de laboratorio y los ensayos de campo han demostrado constantemente que existen grandes tipos de variación clinal que guardan relación con el origen de las semillas (Schantz-Hansen y Jensen 1952, Rudolph 1964, King 1966, Yeatman 1966, Canavera 1969, Yeatman 1974). La reacción de la especie en toda su área de distribución, desde el punto de vista del crecimiento y de la resistencia al frío y a las enfermedades y del de sus características fisiológicas y biológicas, atestigua una evolución de la adaptación genética al clima que se ha producido a medida que el pino de Banks emigraba de sus refugios glaciares, a raíz del retroceso de la capa de hielo de Wisconsin (Yeatman 1967). Las plantaciones, ampliamente esparcidas, de procedencias tomadas en toda el área de distribución demuestran que se puede confiar en las semillas locales y que éstas figuran entre las mejores procedencias en cuanto al crecimiento y a la sobrevivencia. A falta de pruebas experimentales evidentes que indiquen lo contrario, la semilla de pino de Banks para fines de repoblación debe recogerse localmente, o sea, de la misma comarca ecogeográfica en la cual se ha de emplear la semilla.

#### Medidas de conservación in situ

La conservación genética en una especie indígena muy distribuida e importante desde el punto de vista económico, como es el pino de Banks, no tiene por objeto esencialmente la conservación de genes raros o únicos. Además, como la explotación maderera se suele efectuar mediante una corta a hecho y que la regeneración se efectúa a partir de los restos de los apeos o por medios artificiales, no hay que temer la selección disgénica. La principal preocupación debe ser la distribución de frecuencias de un determinado gene que caracteriza los fondos de genes de poblaciones en equilibrio dinámico con diversos climas en los cuales están evolucionando y a los cuales se han adaptado.

En el Canadá, el primer paso en este sentido ha sido el establecimiento de zonas semilleras destinadas a proteger los recursos forestales de las cuantiosas pérdidas debidas al emplazamiento erróneo de las fuentes de semillas (Wang y Sziklai 1969). El número de zonas semilleras varía según las provincias de acuerdo con las necesidades y, en general, su delineación se basa en el clima, topografía y asociaciones ecológicas. Dentro de estas regiones ecogeográficas, entre las poblaciones de pino de Banks, se aprecian diferencias marcadas de potencial de crecimiento y de resistencia a las plagas. Las mejores poblaciones pueden utilizarse con ventaja cuando pueden identificarse y conservarse para la producción y mejora de semillas (Yeatman y Teich 1969). En Nueva Escocia, Nueva Brunswick, Quebec y Ontario se han reservado para la recogida de semillas, masas sobresalientes de pino de Banks y de algunas otras especies. Se han emprendido ensayos de campo para determinar cuáles son las masas que son superiores desde el punto de vista genético. Mientras tanto, si la regeneración de dichas masas se hace necesaria, se limitará a la siembra natural o a la plantación con material obtenido de la misma fuente. Los rodales seleccionados se utilizarán como fuentes generales de semilla para la repoblación y, a su debido tiempo, los mejores de ellos se ordenarán intensivamente para la producción en masa de semilla de calidad superior (Figuras 2 y 3).

Las masas de pino de Banks suelen estar distribuidas en forma de un mosaico que ocupa estaciones particulares en el paisaje forestal, aunque en algunas regiones existen extensas zonas de muchos millares de hectáreas. Se pueden identificar los principales centros de distribución en los cuales se pueden elegir zonas apropiadas para la conservación in situ de procedencias y la consiguiente preservación de fondos de genes. Para que resulte efectiva durante un período de tiempo indefinido, toda zona de este tipo necesita ser lo bastante amplia para conservar un fondo de polen predominantemente indígena y estar delimitada por uno de los accidentes naturales del terreno o una vegetación natural. Pueden abarcar una

superficie de entre varios cientos a mil hectáreas, o más. No es esencial, ni incluso conveniente, que el bosque designado sea de la misma edad o clase de estación.

El establecimiento de reservas in situ de procedencias resulta más efectivo cuando se hace conjuntamente con los requisitos normales y operacionales en marcha. Una sola reserva puede, con beneficio mutuo, abarcar diversas actividades y objetivos, entre ellos la producción de madera, el suministro de semillas, parques y tierras naturales. En algunos casos puede convenir incluir dos o más especies en una sola reserva genética, por ejemplo, pino de Banks, pino rojo de América (*Pinus resinosa* Ait.) y picea negra. Es necesario tomar las disposiciones apropiadas para la recogida de semillas y asegurar una regeneración suficiente de las poblaciones protegidas.

La única condición necesaria es la de regenerar las especies protegidas con ayuda exclusivamente de semillas locales, bien sea por vía natural, por siembra directa o por plantación (Yeatman 1972).

El establecimiento de una reserva de procedencia no excluye la mejora genética sino más bien ofrece una base para la selección (Figura 4) y la mejora en condiciones bien establecidas de adaptabilidad (genética) y de ambiente. El equilibrio poligénico dentro del fondo de genes no sufrirá si se mantiene una suficiente población para la selección y la mejora. Las poblaciones de las zonas semilleras no mejoradas pueden reemplazarse por sucesivas generaciones de poblaciones mejoradas de origen local, creando de esta manera huertos semilleros que garanticen un abastecimiento regular de semillas que favorezcan la continua mejora, en calidad y productividad, de las procedencias seleccionadas. Se pueden plantar con ventaja, dentro de una reserva de procedencia, ensayos de progenie, bancos de clones y huertos de arboricultura; esto siempre que el material que se emplee sea exclusivamente de origen local.

Cuando se trata de especies colonizadoras intolerantes, como el pino de Banks, la conservación de las procedencias in situ constituye un medio práctico y eficaz de conservar el fondo de genes. Permite, a breve plazo, disponer, cuando hacen falta, de grandes cantidades de semilla de origen y potencial conocidos; además un sistema de reservas de procedencias ofrece, dentro de regiones ecogeográficas, un cuadro adecuado para los ensayos y la selección de poblaciones destinadas al futuro suministro de semillas y sienta una sólida base para el mejoramiento a largo plazo. Como no se introduce directamente material genético no local o desconocido, la reserva de procedencias in situ constituye de por sí una garantía, al contrario de lo que ocurre con otros métodos de conservación genética tales como las plantaciones especiales o los bancos de semillas. Las poblaciones indígenas de grandes efectivos tienen mejores oportunidades contra las pérdidas o la degradación debidas a negligencias, incendios, plagas endémicas y demás catástrofes naturales o provocadas.

#### CONSERVACION EX SITU DE RAZAS DE PICEA BLANCA

##### Aspecto silvícola

La picea blanca es una especie de considerable importancia económica en el Canadá. De la corta total de coníferas, la picea representa el 44 por ciento (Shutton 1969), y una gran proporción de esta corta corresponde a la picea blanca. La especie se halla ampliamente distribuida (Figura 5) desde el nivel del mar hasta una altitud de 1 500 m y crece en una amplia variedad de condiciones ecológicas que oscilan entre climas fríos a subárticos; se la encuentra en habitats entre húmedos a áridos con un pH de suelo que oscila entre 5,0 a 7,0 (Sutton, loc. cit.) y en masas puras o en asociación con otras coníferas o frondosas. Predomina especialmente en el bosque boreal.

Se atribuye la insuficiente regeneración natural, después de la corta de madera, a la desaparición de las fuentes de semilla y tal vez a los cambios de clima registrados recientemente tales como temperaturas más altas y una menor precipitación (Sutton, loc. cit.). Se ha procedido a la regeneración artificial, principalmente mediante plantación, en escala de 26 300 ha al año (Rennie 1972), con un costo calculado en 6 500 000 dólares. Para garantizar un mayor potencial de sobrevivencia y crecimiento del material plantado es indispensable se utilice exclusivamente semilla que tenga valor inherente.

#### Antecedentes genéticos

Se han observado importantes variaciones genéticas entre procedencias y dentro de éstas (Holst y Teich 1969 Teich y Khali 1973). La variación entre procedencias es la característica más útil, ya que suele permitir recoger de las masas existentes cantidades apreciables de semilla de conocida calidad genética. Las procedencias de gran valor para el mejoramiento constituyen, por consiguiente, un recurso digno de conservarse. La selección dentro de una procedencia se limita relativamente a unos pocos árboles, los cuales conviene multiplicar para la producción de semillas. Los propágulos no producen semillas en cantidad suficiente por lo menos hasta que transcurran unos diez años.

Se han encontrado procedencias de gran valor para la selección sembrando semillas de 100 procedencias en 25 plantaciones experimentales del este y centro del Canadá (Teich 1973) y noroeste y centro-norte de los Estados Unidos (Nienstaedt 1969). Las que han sobrevivido mejor, crecido más o manifestado cualquier característica muy conveniente de uniformidad han sido las designadas como razas superiores.

Las razas superiores de picea blanca se conservan en huertos de clones y de pies de semillas y en bancos de semillas ya que las poblaciones originales de su habitat natural se hallan en peligro de extinción. Este peligro se debe a: i) el desbosque para fines de urbanización y agricultura; ii) la imposibilidad de implantar en otras partes las masas originales; y iii) la pérdida de pureza racial resultante de la plantación de procedencias mediocres entre los restos de procedencias superiores.

#### Medidas de conservación ex situ

Las razas elegidas para la conservación son las que han demostrado superioridad genética o que poseen características genéticamente valiosas. Esta evaluación se basa en los ensayos de procedencias que se vienen efectuando desde hace 40 años (King y Rudolf 1969) en no menos de 13 plantaciones establecidas desde Terranova, en el este, hasta Manitoba, en el centro del Canadá (Teich 1973). Se han seleccionado cinco razas.

1. Cobourg, Ontario. Esta raza ha manifestado un crecimiento rápido (17 por ciento más del promedio) en 11 estaciones experimentales situadas entre Terranova y la frontera de la provincia de Manitoba, en particular en suelos de piedra caliza (Teich y Holst 1974) donde la mayoría de las otras procedencias dejan de crecer.

No se ha podido localizar la masa de origen, bien sea porque se haya cortado para fines agrícolas, o porque la descripción del lugar fuera equivocada. Actualmente en la zona crecen pocas piceas blancas y éstas, al parecer, son más bien plantaciones (y, por consiguiente, se desconoce su origen) que masas naturales.

En una plantación experimental se han seleccionado 100 árboles por su porcentaje de crecimiento y forma del tronco y de la copa. Se han multiplicado a razón de 5 ramets por clono, para un huerto semillero de la estación forestal experimental de Petawana. El Servicio Forestal de la Columbia Británica ha multiplicado también algunos de estos clones.

2. Renfrew County (Beachburg, Douglas, Ontario). Las procedencias de esta zona (Fig. 6) han crecido bien (14 por ciento más que el promedio) en el Canadá central y oriental y en el centro norte de los Estados Unidos, en estaciones no calcáreas. La experiencia más antigua efectuada en Wisconsin tiene ya 40 años. Se seleccionaron diez individuos y se multiplicaron por clones para este ensayo. De los restos de las masas originales (reducidas ahora a unos cuantos miles de árboles) se seleccionaron otros 30 individuos que se han multiplicado por clones. En un huerto de clones de la Estación Forestal Experimental de Petawawa se han establecido unos 10 ramets de cada clono. También se han establecido huertos de clones en el nordeste y centro norte de los Estados Unidos. Cada año se recoge semilla de cuantos más árboles sea posible de las masas originales con destino a un banco de semillas. Estos individuos se someten a ensayos de descendencia y se conservan los mejores de ellos para fines de multiplicación.
3. Winchester, Ontario. Su precocidad de floración (desde los 11 años de edad) combinada con su crecimiento rápido en estaciones de suelo calcáreo han hecho que se considere a esta procedencia como sobresaliente. Es valiosa como material de mejoramiento y tal vez pueda ser útil para plantación directa, siempre que una producción masiva de pinas no entorpezca su crecimiento vegetativo en las estaciones de suelo calcáreo (Teich y Pollard 1973). La creciente urbanización en la vecindad del lugar de procedencia exige la aplicación de medidas de conservación. En el actual programa de mejoramiento realizado en la Estación Forestal Experimental de Petawawa se ha incluido la mejora de combinaciones híbridas de individuos de esta procedencia, elegidos por su rapidez de crecimiento, con árboles sobresalientes locales. El Servicio Forestal de la Columbia Británica está multiplicando diversos clones.
4. Grand Piles, Quebec. Los árboles de esta zona crecen rápidamente en suelos no calcáreos (15 por ciento sobre el promedio) y producen precozmente una moderada cosecha media de conos. La pureza de la masa original está amenazada a causa de las vecinas plantaciones experimentales de Grand Mere que sirven de fuente contaminante de polen y de semilla.

Se han elegido individuos de esta procedencia y ahora habrá que conservar huertos de clones para poder proseguir su empleo. El Ministerio de Recursos Naturales de Ontario y el Centro de Investigaciones de Bosques Marítimos, del Servicio Forestal del Canadá, en New Brunswick, están multiplicando algunos híbridos.

5. Kirkland Lake, Ontario. Sólo se ha encontrado una procedencia nórdica que tenga valor para la selección y el mejoramiento en el norte; se trata de la procedencia Swastika de las cercanías del lago Kirkland. Sin embargo, no es una procedencia que dé resultados uniformes. Crece bien en algunas plantaciones y mediocrementemente en otras. Algunas colecciones de semillas, obtenidas de masas diversas de esta región, tienen un mejor crecimiento que otras, y únicamente las masas mejores merecen conservarse. Actualmente se conserva en un huerto semillero de varios acres de superficie, una procedencia de esta región que ha dado buenos resultados en varias plantaciones. Se han seleccionado individuos debido a su buen crecimiento y a su precocidad en la producción de semillas y se les ha hibridizado con árboles sobresalientes. Después del ensayo de la descendencia de cada árbol se procederá a la conservación clonal.

#### Impacto de la selección disgénica

No se cree que las cortas por entresaca provoquen mucha degeneración genética en la picea blanca. Cuando sucede que, después de una operación de apeo, queden unos cuantos árboles de mala calidad, el viento suele derribarlos, ya que su sistema radicular no les permite resistir a la acción del viento. La semilla de los sobrevivientes no es fácil que

produzca muchos brinzales viables a menos de que se haya procedido a una extensiva escarificación del suelo (Sutton loc. cit.) para dejar al descubierto un favorable medio para la germinación. Muchos de los brinzales serán resultado de autopolinización y, por lo tanto, las posibilidades de sobrevivencia serán pocas a causa del menor vigor debido a la consanguinidad. Los pocos híbridos que sobrevivan tal vez no se diferencien mucho, en cuanto al valor reproductor, de los de la generación anterior porque únicamente una pequeña proporción de la variación fenotípica de cada árbol es heredable (Holst y Teich loc. cit.).

Sólo una pequeña parte del habitat natural de la picea blanca ha sido objeto de ensayos de procedencias. Las mejores procedencias se conservan en huertos de clones, huertos de brinzales, bancos de semillas y plantaciones experimentales. En la parte del área de distribución natural de la especie todavía sin ensayar, se ha recogido y sigue recogién dose y almacenando semilla para los futuros ensayos de procedencia, y como medida de seguridad contra futuras pérdidas.

#### REFERENCIAS

- Anónimo. Canada's Forest. Can. For. Serv. Dept. Fish. Forest. Ottawa. 9 p.  
1970
- Anónimo. Annual report of the Ministry of Lands and Forests of Ontario. 1972. 60 p.  
1972
- Anónimo. Annual report of the Minister, Natural Resources Ontario. 1973. 26 p.  
1973
- Canavera, D.S. Geographic and stand variation in jack pine (Pinus banksiana Lamb.).  
1969 Ph. D. Tesis. Michigan State University. 100 p.
- Carlisle, A.C. y Maini, J.S. Forest conservation in Canada. p. 53-92. In J.S. Maini and  
1974 A. Carlisle (editors). Conservation in Canada: A Conspectus. Can. For. Serv.  
Publ. N° 1340. 441 p.
- Cayford, J.H., Chrosciewicz, Z. y Sims, H.P. A review of silvicultural research in jack  
1967 pine. Can. Dept. Forest. Rural Develop. Forest Br. Publication 1173. 255 p.
- Critchfield, W.B. y Little, E.L. Geographic distribution of the pines of the world.  
1960 U.S. Forest Serv. Misc. Publ. 991. 97 p.
- FAO. Primera Reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos Forestales.  
1969 Roma. 39 p.
- Fowells, H.A. Silvics of forest trees of United States. U.S. Dept. Agric. Forest Service  
1965 Agri. Manual N° 271. 762 p.
- Fowler, D.P. y Yeatman, C.W. (eds.) Symposium on the conservation of forest gene resources.  
1973 Proc. 13th meeting Comm. Forest Tree Breed. in Can. Part 2. 85 p.
- Frankel, O.H. y Bennett, E. Genetic resources in plants - Their exploration and conservation.  
1970 International Biological Programme Handbook. N° 11. Blackwell Publications.  
Oxford. 554 p.
- Holst, M.J. y Teich, A.H. Heritability estimates in Ontario white spruce. *Silvae Genetica*  
1969 18: 23-27.

- King, J.P. Ten-year height growth variation in Lake States jack pine. U.S. Forest Ser. 1966 Res. Pap. NC-6: 84-88.
- King, J.P. y Rudolf, P.O. Development of white and Norway spruce trees from several seed sources 29 years after planting. USDA For. Serv. Res. Note NC-70 4p. 1969
- Maini, J.S. Landscape and climate of Canada. p. 1-19. In J.S. Maini and J.H. Cayford (eds.). Growth and utilization of poplars in Canada. Can. For. Serv. Publ. 1205. 257 p. 1968
- Maini, J.S. Conservation of forest tree gene resources: An ecological perspective. In D.P. Fowler and C.W. Yeatman (eds.). 1973. Symposium on the conservation of forest gene resources. Proc. 13th meeting Comm. Forest Tree Breed in Can. Part. 2. 86 p. 1973
- Nienstaedt, H. White spruce seed source variation and adaptation to 14 planting sites in northeastern United States and Canada. Proc. 11th meeting Comm. For. Tree Breed. Can. MacDonald Coll., Que. 1958. 183-194 pp. 1969
- Rennie, P.J. Forest fertilization in Canada. VIII World Forestry Cong. Buenos Aires. 1972 Argentina. Oct. 1973. 28 p.
- Rousseau, J. Movement of plants under the influence of man. p. 81-99. In R.L. Taylor and R.A. Ludwig (eds.). The evolution of Canada's flora. Univ. of Toronto Press. 137 p. 1966
- Rudolf, P.O. Silvical characteristics of jack pine (Pinus banksiana Lamb.) U.S. Forest 1958 Serv. Lake States Forest Exp. Sta. Pap. 61. 31 p.
- Rudolph, T.D. Lammas growth and prolepsis in jack pine in the Lake States. Forest Sci. 1964 Monogr. 6. 70 p.
- Schantz-Hansen, T. y Jensen, R.A. The effect of source of seed on growth of jack pine. 1952 J. Forest. 50: 539-544.
- Sutton, R.F. Silvics of white spruce (Picea glauca (Moench) Voss.). Can. Dep. Fish. 1969 Forest. Forest. Br. Publ. 1250. 57 p.
- Teich, A.H. White spruce provenance in Canada. Environment Canada Forest Service Info. 1973 Rep. PS-X-40. 27 p.
- Teich, A.H. y Holst, M.J. White spruce limestone ecotypes. Forest Chron. 50:110-111. 1974
- Teich, A.H. y Khalil M.A.K. Predicting potential increase in volume growth by progeny testing white spruce plus trees. Environment Canada Forest Service. Bi-mon. Res. Notes 29: 26-27. 1973
- Teich, A.H. y Pollard, D.F.W. Rapid-growing precocious white spruce provenances. 1973 Environment Canada Forest Service. Bi-mon. Res. Notes 29: 13-14.
- Wang, B.S.P. y Sziklai, O. A review of forest tree seed certification. Forest. Chron. 1969 45: 378-395.
- Yeatman, C.W. Geographic variation in jack pine (Pinus banksiana Lamb.) seedlings. 1966 Ph. D. Thesis. Yale Univ. 231 p.
- Yeatman, C.W. Biogeography of jack pine. Can. J. Bot. 45: 2201-22. 1967

Yeatman, C.W. Gene pool conservation for applied breeding and seed production. IUFRO  
1972 Genetics-SABRAO Joint Symposia. Tokyo. Proceedings: B-8(V). 1-6.

Yeatman, C.W. The jack pine genetics programme at Petawawa Forest Experiment Station.  
1974 Dept. of the Environ. Can. Forest. Serv. Pub. N° 1331. 30 p.

Yeatman, C.W. y Teich, A.H. Genetics and breeding of jack and lodgepole pines in  
1969 Canada. Forestry Chron. 45: 428-433.

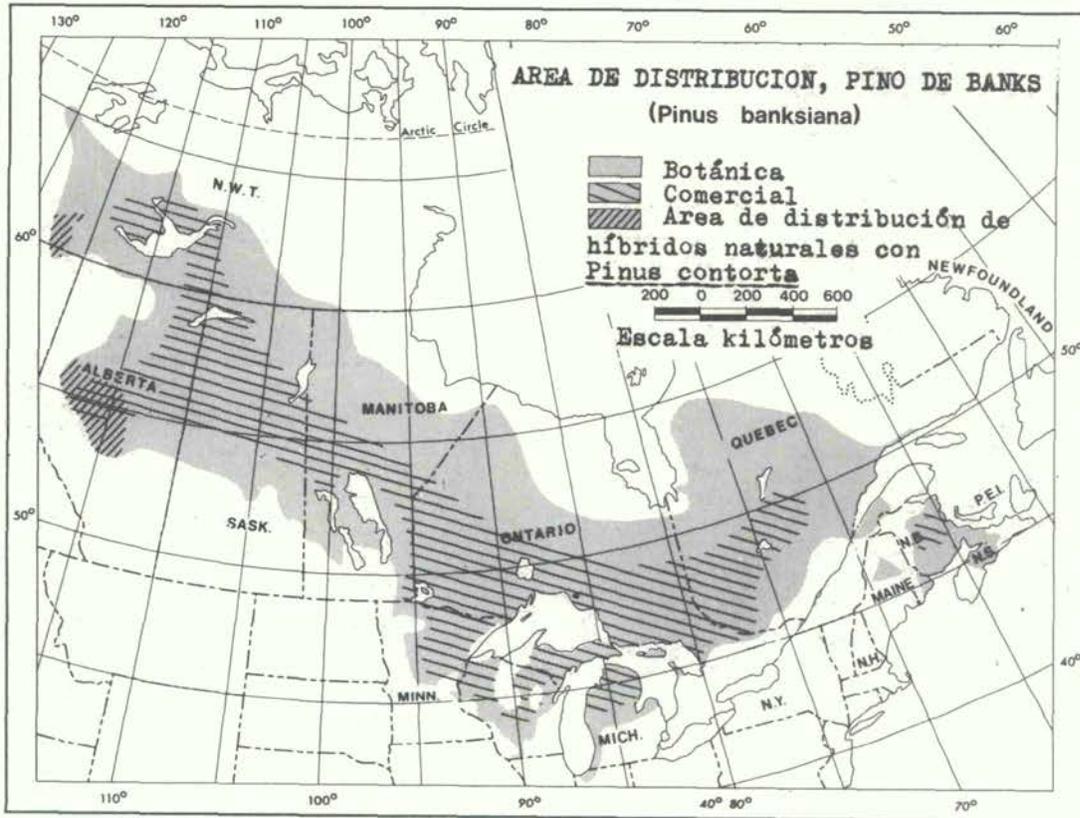


Figura 1. Area de distribución botánica y comercial del pino de Banks (*Pinus banksiana* Lamb.) (Critchfield y Little, 1966; Rudolf, 1958).



Figura 2. Vista aérea de una zona de producción de semillas y corta por fajas en una masa natural de pino de Banks de 50 años de edad en el occidente de Quebec. (Foto facilitada por H. Bitto, Canadian International Paper Co., Maniwaki, Que.).



Figura 3. Vía de acceso (8 m) dispuesta en la zona de producción de semillas para practicar aclareos con el fin de mejorar la masa y fomentar la producción de piñas. Periódicamente se practican cortas a hecho en la masa restante para recoger semillas (Fotografía de H. Bitto).



Figura 4 . Un árbol sobresaliente de pino de Banks seleccionado por su crecimiento superior, fuste derecho, amplitud de ángulo de las ramas y tamaño uniforme de éstas.

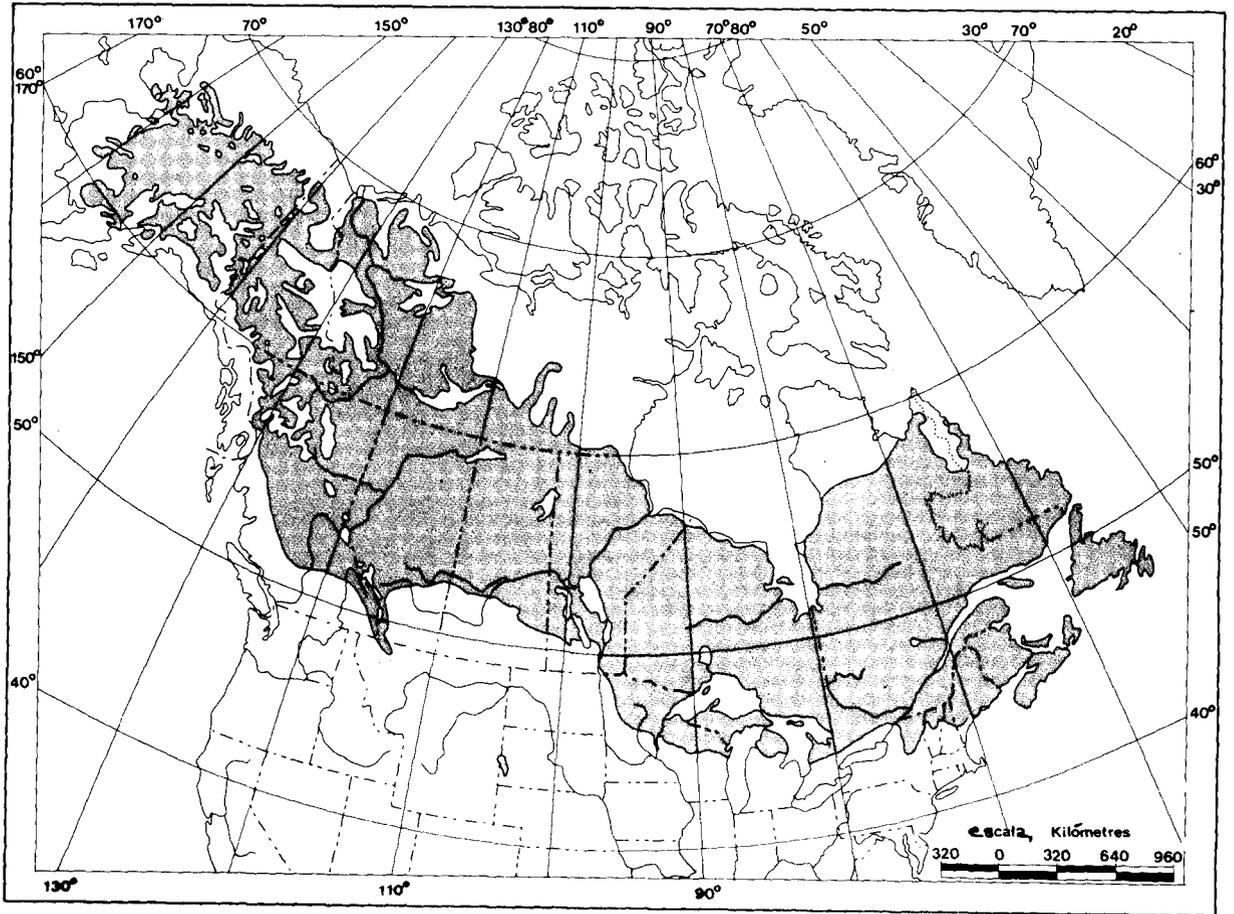


Figura 5. Area de distribución botánica de la picea blanca.  
(Según Fowell, 1965).



Figura 6. Reliquia de una raza superior de picea blanca  
cerca de Beachburg, Ontario.

CONIFERAS CALIFORNIANAS

por

W.J. LIBBY, DAVID KAFTON Y LAUREN FINS

Departamento de Genética, Universidad de California, Berkeley

IMPORTANCIA DEL FONDO DE GENES DE ESPECIES FORESTALES CALIFORNIANAS

Límites de este capítulo

Hemos limitado la presente monografía a las coníferas, en parte porque la mayoría de los bosques naturales de California se componen sobre todo de especies coníferas. Además, aunque las angiospermas, las gimnospermas no coníferas y las palmas indígenas de California son importantes desde el punto de vista ecológico y estético, son pocas las que tienen importancia comercial en California o que se siembran extensamente en otras partes. mayoría de las decisiones de carácter administrativo que se refieren a la utilización, explotación y conservación de los árboles de California las toman el gobierno del citado Estado, la Región Cinco del Servicio Forestal de los Estados Unidos (cuya jurisdicción coincide en gran parte con las fronteras del Estado) y las industrias privadas (que, en su mayoría operan enteramente en California o poseen divisiones semiautónomas limitadas en gran parte a California). Sin embargo, muchas de nuestras especies no se circunscriben a California, sino que (casi todas ellas) se extienden hacia el norte y nordeste por las grandes regiones forestales del noroeste del Pacífico y del Inland Empire. En estos casos, trataremos de las poblaciones de California en el contexto de toda su área de distribución.

California como región maderera

La costa septentrional de California reúne un clima favorable; un suelo fértil y profundo; varias excelentes especies forestales indígenas; y una topografía generalmente quebrada y escarpada que en general se presta poco a la urbanización y a la agricultura mecanizada. Se proyecta cultivar comercialmente en grandes extensiones de esta región en un futuro previsible árboles para madera y fibra y se pronostica que la productividad de estas estaciones figurará entre las más altas del mundo. Dadas las condiciones de crecimiento y la topografía de las montañas fronterizas del norte de California (Alpes de la Trinidad y Siskiyou), de las Cascadas y de altitudes intermedias del centro y norte de la Sierra Nevada, es también probable que una buena parte de los bosques de estas regiones se destinen sobre todo a la explotación comercial.

California como medio ambiente humano

California tiene actualmente más de 20 millones de habitantes, la mayor parte de ellos concentrados en el litoral, cerca de la Bahía de San Francisco y en el valle central. Allí y en otras partes se han plantado árboles forestales indígenas y exóticos con fines de urbanismo y de belleza natural, generalmente en estaciones que antes no estaban arboladas. Se ha tanteado mucho y empezado a organizar las investigaciones para adaptar estas especies forestales a sus nuevos medios ambientales. Es evidente que una amplia base de variación genética constituye un recurso útil cuando se buscan árboles adaptados a estos nuevos hábitáculos.

El número de apasionados del bosque es cada año mayor. Para muchos de estos visitantes es importante que el bosque permanezca en su estado natural y, hasta cierto punto, sus necesidades seguirán siendo satisfechas gracias al sistema establecido en California de parques, reservas y zonas salvajes naturales. Para otros, la historia del bosque es

menos importante. El bosque artificial responde mejor a algunas de sus necesidades que el bosque de regeneración natural. Las plantaciones tanto de especies indígenas como exóticas se hallan bien establecidas para estos fines en las montañas del sur de California. Estos bosques de recreo como los de las cuencas hidrográficas también se beneficiarán, por selección, de una amplia base genética.

#### Poblaciones de árboles californianos fuera de California

Algunas de las coníferas californianas han demostrado que crecen más rápidamente, son más sanas y más valiosas que muchas de las especies forestales indígenas de otras regiones del mundo de clima mediterráneo. Esto se ha visto especialmente en algunas partes de Australia, Nueva Zelandia, las costas occidentales de América del Sur y de África del Sur y los países circundantes del mar Mediterráneo. Las medidas de conservación de genes adoptadas para las coníferas californianas tienen interés e importancia para los pueblos y bosques de las citadas regiones.

#### SITUACION ACTUAL DE LA CONSERVACION GENETICA DE LAS CONIFERAS INDIGENAS DE CALIFORNIA

El texto que sigue explica y amplía el Cuadro 1.

##### 1. Importancia de las coníferas de California (Cuadro I, columnas 1a-1g)

Hemos dividido esta sección en siete subcategorías; 1a-1e se refieren a los productos cortados como madera de construcción, postes largos y postes cortos, madera para pasta, astillas y árboles de Navidad; mientras que 1f y 1g se refieren a los árboles vivos.

##### 1a. Coníferas que tienen actualmente importancia comercial en California

Son nueve las especies que entran en esta categoría. Ocho de ellas tienen importancia primordial como especies madereras: el abeto de Douglas (Pseudotsuga menziesii), el pino ponderosa (Pinus ponderosa), la secuoya (Sequoia sempervirens), y el abeto blanco del Colorado (Abies concolor) son las especies más corrientes y valiosas explotadas en dicho Estado; el pino de azúcar (Pinus lambertiana), el pino de jeffrey (Pinus jeffreyi), el abeto rojo de California (Abies magnifica), y el cedro blanco de California (Libocedrus decurrens) representan también hoy día una parte importante de las cortas anuales. La novena especie, el pino insigne (Pinus radiata) constituye la especie más importante en las plantaciones californianas para árboles de Navidad; junto con Pseudotsuga menziesii, Abies concolor, y A. magnifica que se usan también para este fin, bien sea en masas naturales o artificiales.

##### 1b. Poblaciones californianas de importancia comercial fuera de California

Actualmente Pinus radiata es la especie más corriente en las plantaciones del mundo y la mayoría de los genes de esta especie, de aclimatación tan rápida, se han originado en dos poblaciones septentrionales de la costa central de California. En otras regiones se la explota principalmente para madera de construcción, postes largos, postes cortos, madera para pasta, y astillas, pero poco para árboles de Navidad. En los climas mediterráneos, las poblaciones de Pinus ponderosa y Pseudotsuga menziesii procedentes de la costa californiana dan igual o mejores resultados que las poblaciones de estas dos especies de otras procedencias. En Nueva Zelandia, las poblaciones de baja altitud de pino torcido (Pinus contorta spp. contorta) de procedencia californiana son, al parecer, las mejores de esta especie relativamente importante. El buen porcentaje de crecimiento y las excelentes propiedades madereras del ciprés de Monterrey (Cupressus macrocarpa) son factores favorables a la plantación comercial de esta especie en varios países, pero su propensión a las enfermedades es un factor disuasivo para que se generalice su plantación.

1c. Poblaciones californianas que pueden tener importancia comercial en California y en otras partes

Como ya han hecho sus pruebas en otras partes, lo probable es que Pinus radiata, P. contorta spp. contorta, y tal vez su variedad edáfica, P. contorta spp. bolanderi, se plantarán mucho en California para la explotación maderera, especialmente a medida que se agoten los viejos bosques californianos y que se intensifique la ordenación. En Australia y Nueva Zelandia se está prestando seria atención a la raza azul de P. muricata, cuya madera es de excelente calidad y que crece bien en estaciones demasiado frías para que P. radiata dé buen resultado. Lo mismo puede ocurrir en California. Varios países, incluidos Francia y Nueva Zelandia, están actualmente considerando la plantación de escala moderada de Sequoia sempervirens en las estaciones apropiadas. En California se está prestando seria consideración a la sequoia gigante (Sequoiadendron giganteum) para incluirla en el bosque mixto de coníferas de las montañas centrales y septentrionales de California y en la zona oriental del habitat natural de Sequoia sempervirens en la costa septentrional. A nuestro juicio, otras cuatro especies californianas tienen posibilidades de añadirse a la lista mundial de especies madereras importantes. El pino de Torrey (Pinus torreyana) manifiesta un rápido crecimiento, buena forma y gran tamaño cuando se le planta en buenas estaciones en California y Nueva Zelandia, contradiciendo el aspecto retorcido y mudo que presenta en las dos masas indígenas de la costa sur de California y de la Isla de Santa Rosa. El pino gris (P. sabiniana) crece bien, aunque con forma mediocre, en las estaciones áridas de poca altitud del centro de California. A medida que aumenta la demanda de madera, estas estaciones y esta especie podrían aprovecharse más. Por último, lo mismo que las poblaciones de abeto de Menziés (Picea sitchensis) y de abeto de Vancouver (Abies grandis) del norte de California han aportado la mayoría de los genes que hoy día se utilizan en las plantaciones indígenas europeas de ambas especies, pueden las poblaciones californianas resultar valiosas en las regiones de clima mediterráneo.

1d. Poblaciones no californianas de importancia comercial fuera de California

Las 16 especies y subespecies incluidas en esta subcategoría tienen importancia comercial en otras partes de la América del Norte. Las poblaciones no californianas de Pseudotsuga menziesii, Picea sitchensis, Pinus ponderosa y P. contorta spp. contorta son también importantes fuera de Norteamérica como especies exóticas. Únicamente cuatro de ellas tienen hoy día poblaciones de importancia comercial dentro de California. Las doce restantes no se explotan, en general, en California, pero pueden cortarse y utilizarse como parte de las operaciones de explotación maderera de otras especies afines. Las poblaciones californianas de estas 16 especies y subespecies podrían eventualmente servir para aumentar el fondo de genes de las poblaciones que tienen importancia económica fuera de California.

1e. Parientes cercanos de las especies de importancia comercial

La expresión "cercano" significa que se puede conseguir una hibridación interespecífica entre esta especie y una o más especies de importancia comercial utilizando las técnicas disponibles hoy día. Se incluyen en esta categoría 26 especies y subespecies a las que, sin duda alguna, se podrían añadir varias otras. Muchas de ellas tienen importancia comercial, otras en cambio no la tienen.

1f. Plantaciones urbanas y para belleza natural

Hemos incluido los árboles que se suelen plantar en los jardines privados, en las calles y en los parques de las zonas urbanas, así como todos los que se utilizan para la sombra y rompevientos en las regiones agrícolas, para adorno de las carreteras y para estabilizar los suelos en las cuencas hidrográficas y combatir la erosión en regiones vírgenes. Hemos citado tres especies californianas naturales que tienen importancia para uno o varios de estos aprovechamientos. La mayoría de ellas se utilizan en la misma California, pero varias otras (Pinus radiata, Pseudotsuga menziesii, Abies concolor, A. grandis, Sequoia sempervirens, Sequoiadendron giganteum, Chamaecyparis lawsoniana, y Cupressus macrocarpa) se plantan también mucho en otras partes. 1/

1g. Estética en el área de distribución natural

La mayoría de los árboles tienen en su área de distribución natural una atracción estética para mucha gente y ello se debe a varios motivos. En esta subcategoría llamamos "estéticas" a las especies forestales cuyas características atraen especialmente el interés del público. Hemos incluido 23 coníferas californianas atractivas por los siguientes motivos generales, y nos excusamos si omitimos otras: Picea breweriana, y especies de Abies y Pseudotsuga, por su bella forma; las formas extrañas de Picea sitchensis, Pinus torreyana, P. jeffreyi, P. contorta spp. bolanderi, Juniperus occidentalis, Cupressus macrocarpa, y C. pygmaea; el impresionante tamaño de Sequoiadendron giganteum y la rara altura de Sequoia sempervirens; la edad avanzada a que llega Pinus aristata; la belleza de la luz reflejada en la corteza madura de Pinus ponderosa, Libocedrus decurrens y Juniperus occidentalis; las piñas espectaculares de Pinus lambertiana y P. coulteri; el agradable olor de P. jeffreyi; y, por último, los sabrosos pinones de P. monophylla. Son pocas las especies de este tipo que se encuentran en peligro, en parte porque son lo suficientemente corrientes para atraer la atención del público, o si su distribución es limitada, porque el interés del público ha aumentado la probabilidad de su conservación. Tal vez haya que orientar la atención a las casillas en blanco de la columna 1g. del Cuadro en lo que se refiere, por ejemplo, a los pinos de gran altitud (P. albicaulis, P. balfouriana, y P. flexilis) que tienen indudablemente valor estético, pero principalmente para la porción muy pequeña del público que puede verlas. Esta falta de interés por parte del público hace que estas especies no necesiten tanto ser protegidas.

2. Adecuación de las actuales reservas in situ (Cuadro 1, columna 2)

California posee muchos parques nacionales, estatales y locales, zonas salvajes y reservas de la naturaleza. Salvo en el caso de algunos parques locales, la mayoría de ellos están ordenados de acuerdo con la norma de no perturbar mucho los ecosistemas indígenas. Hemos tratado de juzgar la adecuación de la conservación in situ de cada una de las especies coníferas californianas sobre la base del número y del tamaño de las poblaciones que crecen en las reservas (Griffin y Critchfield 1972), así como del grado en que están protegidas las poblaciones "importantes" de cada especie.

Existe la tendencia de situar las zonas salvajes a gran altitud y los parques a poca altitud. Desgraciadamente, las poblaciones de altitud intermedia de muchas de las especies

---

1/ Aunque no se trata de una conífera, a nuestro juicio debe mencionarse a la "palma abanico" indígena de California (Washingtonia filifera) que se planta mucho al borde de carreteras y avenidas, así como en los jardines privados y parques de California y en muchas regiones subtropicales de todo el mundo. Su limitada distribución natural y la fragilidad de su habitat hacen de esta especie un candidato de primer orden para las actividades de conservación de genes en California.

más valiosas de California sólo están incluidas en relativamente pocas reservas. En estas poblaciones centrales puede ser donde se concentren los mejores genes, desde el punto de vista maderero. Por consiguiente, hemos discutido sin llegar a una solución satisfactoria si incluir Abies concolor, Pinus ponderosa, P. lambertiana, P. jeffreyi, Pseudotsuga menziesii y Libocedrus decurrens entre las especies suficientemente representadas en las reservas in situ, incluso aunque muchas de sus poblaciones de elevada y baja altitud estén al parecer protegidas (obsérvense las señales a esta cuestión en el Cuadro 1, columna 2). Por lo tanto, de las nueve especies californianas de importancia comercial, únicamente se han anotado Sequoia sempervirens y Abies magnifica como gozando de suficiente protección in situ. Entre las poblaciones californianas de importancia comercial en otras partes, únicamente Cupressus macrocarpa se haya incluida en reservas suficientes, mientras que Pinus contorta spp. contorta y P. radiata están a todas luces insuficientemente protegidas.

### 3. Peligro de extinción (Cuadro I, columnas 3a y 3b)

Toda población de distribución limitada se halla en peligro de extinción, tenga árboles o no en una reserva protegida. Los incendios, enfermedades, plagas o la acción del hombre no son sino unos cuantos de los muchos factores que pueden destruir dichas poblaciones. Cuando toda una especie se compone de sólo unas cuantas poblaciones pequeñas, toda la especie se halla en peligro de extinción.

#### 3a. Poblaciones importantes en peligro de extinción

La extinción de pequeñas poblaciones individuales de la mayoría de las especies es un hecho corriente, y probablemente no suele tener gravedad desde el punto de vista de la conservación de genes. Adquiere gravedad cuando sólo quedan unas cuantas poblaciones de una especie o cuando la extinción citada se ha generalizado. Hemos tratado de identificar 11 de estos casos (Cuadro I, columna 3a.). Cinco de ellos se refieren a vastas poblaciones de Pseudotsuga macrocarpa, Pinus attenuata, P. coulteri, P. jeffreyi y P. ponderosa en la zona de "smog" (contaminación atmosférica por hidrocarburos, catalizada por la luz), de California meridional, donde este tipo de contaminación ya ha provocado graves daños y algunos casos mortales. Cuando empiecen a faltar los combustibles fósiles, las concentraciones de "smog" disminuirán tanto que estas poblaciones podrán otra vez formar bosques sanos en dicha región, pero cuando esto ocurra, las poblaciones que se habían adaptado a esta región antes de la época del "smog" se habrán ya alterado gravemente o incluso tal vez se hayan ya extinguido. Hay otras poblaciones de P. attenuata en peligro de ser reemplazadas debido a una ordenación que excluya los incendios (importantes para su reproducción) o su extracción en favor de especies más valiosas. Las poblaciones costeras de P. contorta spp. contorta y de Cupressus pygmaea pueden ser desplazadas por la urbanización. Cupressus goveniana existe en dos pequeñas poblaciones indígenas, ambas en reserva, pero la mayor de ellas se encuentra sobre un suelo arenoso, de calidad vítrea que podría perjudicarla. Dos de las cuatro poblaciones de C. abramsiana no están protegidas; las demás son de pequeñas dimensiones y, por consiguiente, corren el peligro de perderse, cosa que también sucede con algunas de las nueve poblaciones conocidas de Pinus washoensis y con la población de P. torreyana de la isla de Santa Rosa.

#### 3b. Especies o subespecies enteras amenazadas de extinción

En su mayoría, las coníferas de California no se encuentran en peligro inmediato de extinción, pero hemos observado (Griffin y Critchfield 1972) que dos especies y una subespecie están en peligro. Cupressus abramsiana y C. stephensonii son cipreses poco conocidos, de distribución limitada. C. abramsiana existe en cuatro pequeñas poblaciones, mientras que C. stephensonii sólo se encuentra en una población, muy mermada como consecuencia de dos incendios sufridos en los últimos 24 años. Pinus contorta spp. bolanderi existe como forma edáfica de P. contorta en las llanuras blancas de la costa central del condado de Mendocino. Se está considerando la

posibilidad de practicar en la bahía vecina un dragado nuclear para crear un puerto de gran calado. La urbanización que esto ha de provocar exigirá probablemente la remoción de la mayoría de los árboles de esta subespecie y, con la plantación urbana de otras subespecies de P. contorta la subespecie bolanderi corre mucho peligro de extinguirse por completo.

#### 4. Fondos de genes en peligro de contaminación

Esta forma de pérdida de genes o de evolución innatural puede ocurrir cuando se practica extensamente la regeneración artificial en el habitat natural de la especie. Por consiguiente, tiende a ser importante para nuestras especies más valiosas y en las partes más productivas de su zona de distribución natural. Actualmente es grave en las masas de la costa septentrional de Pseudotsuga menziesii, donde se han practicado extensamente la siembra desde el aire de semillas no indígenas; en las masas centrales de Sierra Nevada de Pinus ponderosa, donde muchas de las plantaciones se han establecido con plantitas de origen no local e incluso desconocido; y en las masas P. radiata y Cupressus macrocarpa de la península de Monterrey, donde las plantaciones urbanas y de embellecimiento se han hecho siempre con plantitas locales (Unesco 1973). Los programas de plantación menos extensos con Pinus lambertiana, P. coulteri y P. jeffreyi han provocado probablemente una notable contaminación en algunas zonas importantes de los habitat de estas especies. A medida que aumenta la plantación o la siembra, con una ordenación forestal más intensiva en California, varias otras especies pueden correr peligro por la grave contaminación de los fondos de genes naturales (Cuadro I, columna 4b). Se prevé que pronto aumentarán las plantaciones de Abies concolor, Sequoia sempervirens y Sequoiadendron giganteum, aunque la mayoría de las plantaciones de S. giganteum no se harán cerca de las masas indígenas.

Las especies de escasa importancia económica, si se hayan incluidas en las reservas, tendrán estas muestras protegidas de sus fondos indígenas de genes conservados. Pero existe un problema de alguna importancia en lo que se refiere a las reservas in situ de especies de valor comercial o estético. Cuando se realizan plantaciones de embellecimiento, o se aplica una ordenación activa de las especies valiosas cerca de sus reservas, los árboles de las mismas recibirán repetidamente nubes de polen de estos árboles cercanos. En algunos bosques comerciales se utilizarán poblaciones no indígenas, bien sea porque los ensayos de procedencias han demostrado que las especies no indígenas eran más productoras, o por error. Más tarde, se emplearán árboles aclimatados seleccionados, sean éstos de origen indígena o no, serán genéticamente diferentes de las muestras de población indígena conservadas en las reservas (Libby 1973). La descendencia de los "indígenas" se contaminará cada vez más por genes procedentes de estos árboles o bosques circundantes y el fondo de genes indígena se verá comprometido y por último se perderá. Por lo tanto, habrá que preservar ex situ muestras de genes de estas poblaciones cuando en importantes partes del habitat de la especie se produzca una importante modificación genética de las masas indígenas provocadas por el hombre.

#### ESPECIES PARA LAS CUALES SE HALLAN EN MARCHA LABORES PARA LA CONSERVACION EX SITU

En California hemos empezado trabajos tendentes a la conservación ex situ de tres especies coníferas: Pinus radiata, Cupressus macrocarpa y Sequoiadendron giganteum. En las páginas siguientes describiremos la información taxonómica y metodológica correspondiente a cada una de estas especies.

##### Pinus radiata D. Don

#### Distribución natural

P. radiata crece en tres poblaciones continentales de la costa de California y en dos poblaciones insulares cerca de la costa occidental de México:

<u>Población</u>	<u>Latitud aproximada</u>
Año Nuevo	37°07'N
Monterrey	36°30'N
Cambria	35°33'N
Isla de Guadalupe	29°10'N
Isla de Cedros	28°15'N

Superficie total ocupada: 8 000 hectáreas

#### Estado de las poblaciones indígenas

Población de la Isla de Guadalupe: en peligro. Falta de reproducción debido al ramoneo de las cabras.

Poblaciones de la Isla de Cedros y Año Nuevo: no están amenazadas actualmente. En las masas de Año Nuevo se ha iniciado la plantación comercial.

Poblaciones de Monterrey y Cambria: integridad genética en peligro. Las plantaciones ornamentales en dicha zona han confundido las fronteras naturales de la especie (Griffin y Critchfield 1972). Muchas de las plantaciones de origen no local han introducido una notable contaminación genética. Las semillas de estas plantaciones se suelen obtener de Nueva Zelandia donde *P. radiata*, principalmente originaria de Año Nuevo, se halla en parte aclimatada (Unesco 1973).

#### Medidas ya adoptadas de conservación ex situ

##### Métodos de muestreo

1. Material vegetal y fecha de recogida: En 1963 enraizamos estacas de 15 genotipos tomados al azar (casi todos árboles de menos de nueve años de edad) de cada uno de diez rodales en cada una de las tres poblaciones continentales (Libby y Conkle 1966). Por consiguiente, la muestra continental estaba formada de genotipos que se habían establecido ellos mismos con éxito en condiciones naturales. En 1964, se recogieron conos de 59 y 68 árboles elegidos al azar y de 39 y 9 seleccionados en las islas Cedros y Guadalupe respectivamente (Libby, Bannister y Linhart 1968). (La utilización de semilla eliminaba el problema de traer material vegetal verde a través de la frontera con México. Obsérvese, sin embargo, que los genotipos obtenidos no se habían establecido con éxito en la naturaleza sino que eran la descendencia de genotipos adultos de buen resultado.)

2. Disposiciones especiales: Hubo necesidad de un permiso del Gobierno mexicano para la recogida de semillas y de un permiso del Gobierno de los Estados Unidos para su importación. En la frontera las piñas se sometieron a una inspección fitosanitaria.

#### Conservación de los genes

Inmediatamente después de la recogida, instalamos cerca de Berkeley dos plantaciones repetidas de bancos de genes de cada muestra. Los árboles están ya sexualmente maduros y en 1973 empezamos un programa de polinización controlada como medio de conservar los genes que ahora contienen los árboles de las plantaciones de bancos de genes. Las polinizaciones controladas sirven para dos objetivos: a) evitar la contaminación con el polen de otras poblaciones que se encuentran en las plantaciones de bancos de genes o por el polen procedente de árboles vecinos de origen diferente o desconocido; y b) mantener pedigreos exactos para equilibrar mejor los aportes de cada ascendente fundador en las posteriores generaciones y hacer frente mejor a los problemas de la consanguinidad en las generaciones ulteriores. Se proyecta un total de 200 cruzamientos para conservar la integridad genética

de esta muestra. Durante, por lo menos, las primeras generaciones se anticipa que los cruzamientos se limitarán a los árboles de un mismo rodal. Se han designado ocho árboles, sexualmente maduros, de cada uno de los 50 rodales (10 por población) para emplearlos en cuatro cruzamientos biparentales por rodal. De esta forma, los genes que se originen en 400 árboles nos darán la base de conservación de genes a largo plazo para el pino insigne. En este proyecto estamos utilizando un sistema de cruzamiento de un solo par parental porque permite utilizar, como genitores, el número máximo de genotipos por unidad de trabajo con el mínimo registro de los resultados. 1/ Con este sistema, el primer año (1973) se dedicó principalmente a la recogida de polen y el segundo y tercer años a efectuar los cruzamientos, utilizando tanto polen fresco como polen conservado. Los conos se recogerán poco después de la madurez y las semillas se extraerán y colocarán en las mejores condiciones disponibles para su conservación a largo plazo. Los conos procedentes de los primeros cruzamientos se recogerán en la primavera de 1975.

#### Mantenimiento de los genes

Resulta difícil prever los progresos que puedan registrarse en la tecnología del almacenamiento de semillas. Sin embargo, la meta es mantener los genes en las semillas el mayor tiempo posible sin pérdida del poder germinativo y de viabilidad. A este objeto hay que tomar en cuenta las posibilidades de adaptación de las semillas a las condiciones de almacenamiento, o sea, elegir aquéllas que se conservan bien durante mucho tiempo. Cuando el almacenamiento es excesivamente prolongado se pueden perder algunos genes en las semillas que no logren sobrevivir en las condiciones de almacenamiento.

Hay que evitar plantar con más frecuencia de la debida las muestras de estos fondos de genes naturales no seleccionados. Poco después de que los árboles alcancen su madurez sexual se pueden efectuar cruzamientos controlados y de esta forma se perpetuarán los fondos de genes. Cuando se hace esto, cada generación sólo perderá algunos genes a la deriva. Además, aunque no se emplee ninguna selección manifiesta, la muestra tenderá a adaptarse al medio ambiente del banco de genes. Prolongando el ciclo de semilla a semilla y, por consiguiente, reduciendo el número de veces que las semillas tienen que alcanzar la madurez y ser objeto de nuevos cruzamientos, se atenúan al máximo los peligros de pérdida de genes o de alteración de la variabilidad genética. Las semillas obtenidas se almacenarán en Australia y en los Estados Unidos y, tal vez, en cualquier otro país.

#### Distribución de las semillas

Todavía no se ha establecido norma alguna bien definida para la distribución de estas semillas. Proponemos el orden de prioridades siguientes:

- 1) Semillas destinadas a mantener la integridad genética de la colección de conservación de genes.
- 2) Semillas sobrantes que no hacen falta para (1) y que pueden utilizar los mejoradores para restaurar la variabilidad en el pino insigne aclimatado.
- 3) Las semillas que no hacen falta para (1) y (2) pueden servir para diversos tipos de investigación sobre la estructura de las poblaciones, la variabilidad genética, etc.

---

1/ También se están realizando trescientos cruzamientos más utilizando esta muestra de árboles, al objeto de investigar la heterosis dentro y entre poblaciones; y de crear una base de población múltiple para el futuro mejoramiento (Libby 1973).

### Costos

En términos de gastos corrientes, los costos de la conservación de genes ex situ son elevados. En relación con el valor a largo plazo del recurso, son probablemente insignificantes.

Es difícil evaluar los costos primarios cuando se trata de proyectos con muchos objetivos simultáneos. Para efectuar las recogidas continentales originales, un especialista y un auxiliar de investigaciones tuvieron que trabajar aproximadamente 20 días sobre el terreno. En la expedición a la Isla de Guadalupe, tres de nosotros (Libby, Bannister y Lingham 1968), viajamos amablemente invitados a bordo de la nave de investigaciones Gringa a cargo de la The Cripps Institute of Oceanography. El Gringa dedicó cinco días a nuestra expedición y, según se nos informó, el costo de funcionamiento de esta nave era de 1 000 dólares al día. Las expediciones a la Isla de Cedros se financiaron mediante subvenciones por un total de 2 500 dólares concedidas por la Associates in Tropical Biogeography y la Fundación Wrasse y además la remuneración de un especialista y de un auxiliar de investigaciones. La instalación de los bancos de genes y los primeros cuidados que exigían se efectuaron en virtud de dos subvenciones de la National Science Foundation que ascendieron a un total de 83 400 dólares para un cuatrienio, con anexo adicional en forma de sueldos del personal, medios de invernadero y terrenos, de la Universidad de California. En los años inmediatamente siguientes, el mantenimiento de los bancos de genes exigió del personal varios hombre-semanas, más varios centenares de dólares en concepto de equipo y suministros. Utilizando estas muestras de población y con cargo a las citadas subvenciones se realizaron otros varios experimentos. Pero, a excepción de la subvención de la NSF los costos hubieran probablemente sido similares y el solo propósito del trabajo hubiera sido la conservación de genes.

El actual programa de cruzamientos controlados exige el servicio de un especialista durante varios días y el servicio, a tiempo parcial, de un auxiliar de investigaciones durante seis meses, además de seis personas que trabajen un cuarto de tiempo durante tres meses antes, durante y después de la temporada de polinización. Además, hacen falta más de 1 000 dólares por campaña para el equipo y los suministros (escaleras, cinturas de seguridad para trepar, jeringas, frascos y bolsas para polinización no recuperables, etc.). Los medios materiales y financieros que exige este proyecto corren actualmente a cargo de los Departamentos de Genética, Silvicultura y Conservación de la Universidad de California en Berkeley; el Instituto de Genética Forestal de Placerville (Servicio Forestal de los Estados Unidos) y los Servicios Forestales Estatales y Federales de Australia a través del Comité Permanente del Consejo Forestal Australiano, Canberra.

### Cupressus macrocarpa Hartw

#### Distribución natural

Toda la distribución natural de C. macrocarpa consiste en dos poblaciones en la costa de California: una en la Península de Monterrey y la otra en Point Lobos.

<u>Población</u>	<u>Latitud</u>
Point Cypress	36°34'N
Point Lobos	36°31'N

Superficie total ocupada: unas 200 hectáreas

### Estado de las poblaciones indígenas

- Point Cypress: Principalmente son fincas privadas, con una limitada reproducción natural.  
Contaminación genética por las plantaciones ornamentales.
- Point Lobos: Toda la población está contenida en la reserva estatal de Point Lobos.

Ambas poblaciones están bien protegidas, pero su pequeño tamaño las hace vulnerables tanto a las catástrofes naturales como a la acción del hombre.

### Medidas de conservación ex situ ya tomadas

Se ha recogido una muestra de semillas no seleccionadas de aproximadamente 85 árboles en cada población, parte de la cual se destina a la conservación ex situ del fondo de genes.

### Métodos de muestreo

1. Material vegetal y fecha de recogida: los conos se recogieron en la primavera de 1973, generalmente de la parte superior de la copa utilizando una podadora de pértiga y una escalera. En Point Lobos, se recogieron conos de 9 a 15 árboles, escogidos al azar en cada uno de nueve rodales. Los conos tomados de otros diez árboles aislados, seleccionados, se incluyeron también en esta recogida. En Point Cypress, se recogieron conos de 10 a 12 árboles escogidos al azar en 8 rodales. Se recogieron como promedio de 20 a 25 conos por árbol. Los conos contenían, como promedio, alrededor de 100 semillas y la germinación variaba entre 0 y 40 por ciento. Los conos serotinosos permanecieron sin abrir en los árboles durante un número todavía indeterminado de años, lo que permite su recolección en cualquier época del año. Los conos deben tener por lo menos dos temporadas vegetativas de edad en la época de la recolección.

2. Disposiciones especiales: En Point Lobos hizo falta un permiso del California State Department of Parks and Recreation para la recogida de semilla. En Point Cypress hubo necesidad de un permiso de los propietarios privados de las fincas.

### Conservación de los genes

Los conos se dejaron secar al abierto en sacos de papel durante unas cuatro semanas, en cuyo momento las semillas liberadas se colocaron en sobres y se almacenaron a  $-10^{\circ}\text{C}$ . Durante varios meses los conos siguieron soltando semillas y se reunieron periódicamente hasta que todos ellos habían desgranado. Nuestro propósito era empezar a cultivar una muestra de esta colección en la primavera de 1975 y más tarde conservar los genes de estas muestras mediante cruzamientos controlados.

### Mantenimiento y distribución

Nuestro propósito es eventualmente almacenar las semillas en varios lugares todavía sin determinar. El orden de prioridades para el mantenimiento y la distribución son los mismos que para P. radiata (véase supra).

### Costos

Hasta ahora, los costos directos se refieren exclusivamente al sueldo de un estudiante graduado a media jornada durante aproximadamente tres meses, más aproximadamente 1 500 dólares para gastos sobre el terreno, suministros y equipo. Los costos adicionales serán parecidos a los que exigen las últimas fases del proyecto de Pinus radiata, supra. Los medios y financiación para este proyecto corren a cargo de los Departamentos de Genética y Silvicultura y Conservación de la Universidad de California, Berkeley, y de la Estación Experimental de

Montes y Pastizales del Sudoeste del Pacífico del Servicio Forestal de los Estados Unidos.

Sequoiadendron giganteum (Lindl.) Buchholz

Distribución natural

S. giganteum crece naturalmente en unos 70 huertos de la vertiente occidental de la Sierra Nevada en California y ocupa aproximadamente 15 200 ha (Wensen 1971). El huerto más septentrional (Placer Grove) sólo contiene seis árboles y está situado cerca del estuario mediano del río América a unos 39°N. Unos 500 km más al sur se haya situado el huerto más meridional en Deer Creek, en el condado de Tulare, a 35°50'N. Dentro de este margen latitudinal se ven árboles aislados a altitudes de 823 m y de 2 683 m (Griffin y Critchfield 1972). La mayoría de los bosquetes de S. giganteum conservan desde hace siglos las mismas fronteras (Rundel 1971).

Estado de las poblaciones indígenas

Placer Grove: amenazadas. No hay regeneración natural. Existe el posible peligro de contaminación desde una plantación vecina que se sospecha es de origen foráneo.

La mayoría de los bosquetes de S. giganteum están protegidos dentro de parques y bosques nacionales y estatales. Casi todas las poblaciones se hallan actualmente en peligro de extinción. En algunas partes de su habitat, donde los incendios se han impedido durante muchos años, la acumulación de hojarasca en el piso forestal representa una amenaza cada vez mayor para los árboles en pie del bosque. Además, en muchas de estas zonas no ha habido reproducción, en medida importante, desde hace varios decenios. Los cambios introducidos en la ordenación de los parques para incluir pequeñas quemas reguladas en los bosquetes o cerca de ellos reducirán el peligro de incendios y se podrá preparar el terreno para nuevas reproducciones.

Medidas ya tomadas de conservación ex situ

Métodos de muestreo

1. Material vegetal y fecha de recogida

Placer Grove: los investigadores del Instituto de Genética Forestal recogieron conos de dos o seis árboles en 1973 y se están cultivando en vivero pies de semillas de estos conos. Las semillas sobrantes se añadirán a nuestra colección de conservación de genes.

Otras recolecciones de semilla: se recogerán conos de unos 600 árboles no seleccionados en todo el área de distribución. Se recogerán también conos de unos cuantos árboles seleccionados. En el verano de 1973 se empezó esta recogida con conos procedentes de 31 árboles de seis de los bosquetes septentrionales. Se recogerá un cono por cada árbol, lo que dará aproximadamente 240 semillas por cono (Hartesveldt et al 1970). El porcentaje de germinación varió entre menos del 1 por ciento (Leroy Johnson, Institute of Forest Genetics, comunicación personal, 1974) a 75 por ciento (Hartesveldt et al 1970).

S. giganteum puede retener sus conos verdes cerrados hasta 22 años o más, con una viabilidad máxima de las semillas, según se informa, a los cinco años en el árbol (Hartesveldt et al 1970). Las ramas derribadas aportan un número moderado de conos verdes en primavera y verano y también se pueden reunir los conos del suelo al término del verano o principios de otoño, cuando las ardillas "chickory" se dedican activamente a cortarlos. Como los árboles adultos suelen estar en general

bastante distantes entre sí, en sus bosquetes naturales, y en general sólo representan el 5 por ciento del rodal, se pueden recoger conos del suelo con una seguridad razonable de poder identificarlos con un árbol determinado. Los bosquetes permanecen con frecuencia inaccesibles durante los meses invernales cuando se acumula la nieve.

2. Disposiciones especiales: se necesitan permisos especiales para la recolección y para poder extraer material vegetal de los parques.

#### Conservación de los genes

Los conos se dejaron (o dejarán) secar en bolsas de papel (lejos del calor y la luz solar directa) durante varias semanas hasta abrirse y soltar las semillas. Las semillas se guardarán en bolsas de plástico, con un bajo contenido de humedad, a temperaturas inferiores a cero.

#### Mantenimiento y distribución

Nos proponemos almacenar, seguidamente, semillas de S. giganteum en varios lugares, siguiendo para el mantenimiento y la distribución el mismo orden de prioridades que para el P. radiata.

#### Costos

Hasta ahora, los costos directos se han limitado al sueldo de un estudiante diplomado, empleado a media jornada, durante unos siete meses, más los gastos sobre el terreno, suministros y equipo por un valor de aproximadamente 3 000 dólares. Probablemente las recogidas iniciales durarán otros tres meses sobre la misma base. Los gastos suplementarios serán comparables a los citados para P. radiata (véase supra). Los locales y financiación los suministran los Departamentos de Genética, Silvicultura y Conservación de la Universidad de California, Berkeley, y la Región Cinco del Servicio Forestal de los Estados Unidos.

#### Otras especies

No siempre las recogidas de semilla se han hecho con fines de conservación de genes. Sin embargo, no existe actualmente un inventario completo de estas colecciones. Stettler y Cummings (1973) han preparado una lista de las plantaciones, de fuente o parentesco conocidos, que se encuentran en el oeste de los Estados Unidos y del Canadá. Pero, la utilización de estas plantaciones para la conservación genética ex situ, es arriesgada ya que a) los árboles representan algunas veces una muestra seleccionada; b) en general, sólo están representadas muy pocas poblaciones; y c) los genes se encuentran todos ellos en las plantaciones en crecimiento, por consiguiente, son susceptibles a la mortalidad. Por otra parte, las objeciones (a) y (b) se aplican también, en general, a las colecciones existentes de semillas almacenadas. Además, d) las semillas en general no se almacenan en condiciones favorables para una viabilidad duradera; y e) no se concede prioridad a la conservación de genes en las futuras asignaciones de semilla.

Entre las especies californianas sugerimos que se conceda la máxima prioridad para la ulterior conservación de genes ex situ, a las poblaciones de la costa septentrional de Pseudotsuga menziesii; a las poblaciones de Sierra Nevada y de la California meridional de Pinus ponderosa, además poblaciones del "cinturón de smog" de otras especies del sur de California. Los trabajos sobre las otras poblaciones y especies enumeradas en las columnas 4a y 4b del Cuadro I deben empezar antes de que transcurra un decenio, siempre que las circunstancias lo permitan.

Miller (1973) ha estudiado el problema general de la erosión genética y la falta general de apoyo para la conservación de genes. Ha descrito la importante labor realizada en este campo por la Fundación Rockefeller, pero hay que observar que se refiere a los genes que tienen relación con la alimentación y no a los genes de especies forestales (comunicación personal, L.M. Roberts, Director Adjunto, Fundación Rockefeller, 25 de enero de 1974). Aunque el Servicio Forestal de los Estados Unidos participa activamente en el reconocimiento de las reservas in situ (Franklin, Jenkins y Romancier 1972; Romancier 1974), todavía no ha emprendido un programa efectivo de conservación ex situ (comunicación personal, S.L. Krugman, Jefe del Programa, Proyectos de Genética y Conexos, Servicio Forestal de los Estados Unidos, 13 de septiembre de 1972). La FAO ha empezado a actuar activamente en este sentido especialmente en México y en Australia, pero los fondos de que dispone son limitados si se considera la urgencia y amplitud de los trabajos que hay que realizar lo antes posible (comunicación personal, R.L. Willan, Dirección de Recursos Forestales de la FAO, 29 de noviembre de 1973). Es evidente que este problema exige una mejor organización y una financiación mayor.

#### AGRADECIMIENTO

Los autores dan las gracias al Dr. W.B. Critchfield con el que han debatido la cuestión.

#### REFERENCIAS

- Franklin, J.F., Jenkins, R.E. y Romancier, R.M. Research natural areas: contributors to 1972 environmental quality programmes. *J. Environ. Qual.* 1: 133-39.
- Griffin, J.R. y Critchfield, W.B. The distribution of forest trees in California. U.S.D.A. 1972 Forest Service Research Paper PSW 82. 114 p.
- Hartesveldt, R.J., Harvey, H.T., Shellhammer, H.S. y Stecker, R.E. Giant Sequoias of the 1970 Sierra Nevada. U.S.N.P.S. Contract N° 14-10-9-900-254. First rough draft of the manuscript. 219 p.
- Libby, W.J. y Conkle, M.T. Effects of auxin treatment, tree age, tree vigour, and cold 1966 storage on rooting young Monterey pine. *Forest Science* 12: 484-502.
- Libby, W.J., Bannister, M.H. y Linhart, Y.B. The pines of Cedros and Guadalupe Islands. 1968 *J. For.* 66: 846-53.
- Miller, Judith. Genetic erosion. Crop plants threatened by government neglect. *Science* 1973 182: 1231-1233.
- Romancier, R.M. Natural area programmes. *J. For.* 72: 37-43. 1974
- Rundel, P.W. Community structure and stability in the giant Sequoia groves of the Sierra 1971 Nevada. California. *Am. Midl. Nat.* 85: 478-492.
- Stettler, R.F. y Cummings, J.C. A guide to forest-tree collections of known source or 1973 parentage in the western United States and Canada. *Bull. N° 3*. Coniferous Forest Biome. IBP. 59 p.
- Unesco. Conservation of natural areas and of the genetic material they contain. Programme 1973 on Man and the Biosphere - 8. MAB report series N° 12. 64p.
- Wensel, L.C. y Schoenheide, R.L. Tree volume equations and tables from dendrometer 1971 measurements. *Hilgardia* 41: 55-76.

Cuadro I

Familia, género, especie <sup>a/</sup>	(1) Importancia							(2)	(3)		(4)		
	Productos cortados								Arboles en pie	Peligro de extinción		Fondos de genes en pe- ligro de contamina- ción	
	Importancia comercial ac- tual en California	Poblaciones californianas de importancia comercial en otro sitio	Importancia comercial potencial	Poblaciones no califor- nianas de importancia comercial	Pariente cercano de espe- cies de importancia comer- cial	Urbanización y embelle- cimiento	Estética en su habitat natural			Reservas in situ suficien- tes o casi suficientes	Poblaciones importantes	Especies enteras o sub- especies	Ahora o pronto
1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	2	3a	3b	4a	4b		
CUPRESSACEAE													
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>				X		X							
<i>nootkatensis</i>				X	X								
<i>Cupressus abramsiana</i>									X	X			
<i>bakeri</i>													
<i>forbesii</i>													
<i>goveniana</i>							X	X					
<i>macnabiana</i>													
<i>macrocarpa</i>		X				X	X	X			X		
<i>nevadensis</i>													
<i>pygmaea</i>							X	X	X				
<i>sargentii</i>													
<i>stephensonii</i>										X			
<i>Juniperus californica</i>													
<i>communis</i>													
<i>occidentalis</i>							X	X					
<i>osteosperma</i>													
<i>Libocedrus (Calocedrus) decurrens</i>	X					X	X	?				X	
<i>Thuja plicata</i>				X	X								

<sup>a/</sup> Tomada de la lista revisada de Leroy C. Johnson, 8 feb. 1974, de coníferas californianas disponibles en LCJ, The Institute of Forest Genetics, 2480 Carson Road, Placerville, California 95667.

	1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	2	3a	3b	4a	4b
PINACEAE												
Abies												
amabilis				X	X		X	X				
bracteata						X		X				
concolor	X			X	X	X	X	?				X
grandis			X	X	X	X	X	X				
lasiocarpa					X		X					
magnifica	X				X		X	X				X
procera				X	X							
Picea												
breweriana							X					
engelmannii				X	X							
sitchensis			X	X	X		X	X				X
Pinus												
subgenus												
Haploxyton												
albicaulis								X				
aristata							X	X				
balfouriana								X				
flexilis								X				
lambertiana	X			X			X	?			X	
monophylla							X					
monticola				X	X			X				
quadrifolia												
subgenus												
Diploxyton												
attenuata					X				X			
contorta												
spp. contorta		X	X	X	X				X			X
spp. bolanderi			X		X		X	X		X		X
spp. murrayana				X	X			X				X
coulteri					X	X	X		X		X	
jeffreyi	X				X		X	?	X		X	
muricata												
blue race			X		X	X		X				X
green races					X							
ponderosa	X	X		X	X	X	X	?	X		X	
radiata	X	X	X			X					X	
sabiniana			X		X							
torreyana			X		X		X	X	X			
washoensis					X			X	X			
Pseudotsuga												
macrocarpa					X		X		X			
menziesii	X	X		X		X	X	?			X	

	1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	2	3a	3b	4a	4b
Tsuga												
<u>heterophylla</u>				X	X			X				
<u>mertensiana</u>					X			X				
TAXODIACEAE												
Sequoia												
<u>sempervirens</u>	X		X			X	X	X				X
Sequoiadendron												
<u>giganteum</u>			X			X	X	X				X

PINOS CENTROAMERICANOS

R.H. KEMP

Dependencia de Silvicultura Tropical, Instituto Forestal de la Commonwealth, Oxford

INTRODUCCION

Los pinos de la América Central constituyen un caso de importancia e interés especial en el contexto de la responsabilidad internacional en materia de conservación de recursos genéticos, principalmente por los siguientes cuatro motivos:

- 1) Las dos especies principales (*Pinus caribaea* Mor y *P. oocarpa* Schiede) tienen una enorme importancia para la creación de bosques artificiales en los países tropicales y, por ende, para los futuros suministros mundiales de madera. Por motivos tanto ecológicos como tecnológicos, su valor probablemente será aún mayor en el futuro.
- 2) Existen grandes variaciones tanto dentro como entre poblaciones en el habitat natural de ambas especies. Sólo hace muy poco que ha empezado una investigación sistemática de esta variación por medio de investigaciones internacionales de procedencias y han de transcurrir muchos años antes de que se terminen las operaciones de prospección y evaluación.
- 3) La destrucción de los pinares naturales en la América Central se ha intensificado cada vez más en los últimos 20 o 30 años y son muchas las poblaciones que se han agotado gravemente y algunas de ellas corren peligro de extinción.
- 4) Los países centroamericanos poseen recursos financieros y de mano de obra muy limitados. En el contexto de sus urgentes problemas económicos y sociales, la conservación de los recursos genéticos de sus bosques tiene escasa prioridad a pesar de su indudable importancia para el mundo en general.

Los motivos tecnológicos que hacen que estos pinos sean importantes radican en su calidad maderera y porcentaje de crecimiento. La madera se presta para el uso en una gran variedad de formas, bien sea directamente como madera o después de sometida a diversos tratamientos y elaboraciones. Esta versatilidad, lo mismo que la elevada tasa de productividad de las masas sometidas a una ordenación intensiva, constituyen calidades que probablemente serán muy apreciadas en el futuro. La importancia ecológica de estas especies radica en su capacidad de crecimiento productivo en los terrenos, relativamente infértiles y estacionalmente áridos, de las tierras bajas tropicales. Como la demanda competitiva de tierras sigue en aumento, se hace cada vez más urgente aprovechar mejor las vastas extensiones de tierras improductivas de los trópicos, conservando al mismo tiempo los bosques existentes. Por este motivo, y también porque no se puede pronosticar con seguridad cuáles han de ser a la larga los requisitos tecnológicos de la madera, es vital conservar la máxima variación genética de estas poblaciones silvestres alteradas por las fuertes presiones del medio ambiente.

En esta región de América, el principal centro de diversidad de los pinos se sitúa en México, donde pueden encontrarse 30 especies y muchas variedades, principalmente en las altitudes más altas. A medida que se avanza hacia el sur, el número de especies se reduce progresivamente a 10 en Guatemala; la mayoría todavía en tierras altas y, por último, a solamente 3 en Nicaragua, que es el límite meridional de los bosques de pino naturales del continente americano. Estas tres especies constituyen los elementos más importantes de esta monografía.

## LOS RECURSOS

### P. caribaea Mor var. hondurensis Barr y Golf

Las masas naturales de esta variedad crecen principalmente en las llanuras costeras de la costa atlántica de la América Central y se extienden en una faja, generalmente estrecha, desde los 12° 13' N aproximadamente en el límite meridional de Nicaragua hasta casi la frontera septentrional de Belice, a unos 18° N. En el extremo meridional de esta zona de distribución el pino se encuentra en pequeñas masas dispersas separadas por vastas zonas de terreno abierto pantanoso donde sólo crecen hierbas y juncos, aisladas de las masas más extensas de la especie, situadas más al norte, por un denso bosque de frondosas. En este extremo del habitat la precipitación media anual es de unos 3 800 mm, pero las gramíneas se secan bastante durante los tres meses más secos y arden intensamente, sobre todo en los años de gran sequía y se puede atribuir la existencia de las masas de pinos a los incendios periódicos que se producen en las fajas de pradera situadas entre los pantanos completamente empapados de agua y el bosque higrofito sempervirente. Hacia el norte, en la porción costera, existe una disminución progresiva de la precipitación anual, que en el norte de Belice es de unos 1 600 mm. Se observan algunas importantes discontinuidades en las masas costeras, especialmente a lo largo de la costa septentrional de la República de Honduras, donde las cadenas de montaña se acercan mucho al mar y donde ya no existe la vasta llanura litoral que se distingue por las masas de P. caribaea.

Mientras que a lo largo del litoral las masas de pino se encuentran a poca altitud sobre el nivel del mar, en el interior esta especie crece también a altitudes de aproximadamente 800 m y a una distancia de hasta 300 km desde la costa del Atlántico. La distribución en el interior, por lo menos actualmente, es notablemente discontinua y se limita a los valles y estribaciones de las montañas donde ha sufrido la intervención del hombre. Las condiciones climáticas en algunas de las masas de tierra adentro contrastan notablemente con las de la costa, con una temporada seca en general más prolongada y más rigurosa. Las poblaciones expuestas a las sequías mayores se encuentran en el amplio valle superior del río Choluteca, en la República de Honduras, entre colinas bajas rocosas de 700 m de altitud sobre el nivel del mar. Allí la precipitación media anual se sitúa entre 650 y 900 mm con un período continuo de 6 meses durante el cual la precipitación media mensual es inferior a 30 mm. De esta forma las poblaciones tienen gran interés para lugares estacionalmente áridos, pero en los últimos años, debido a la explotación intensiva seguida de incendios, han quedado muy agotadas.

P. caribaea var hondurensis se está ya plantando extensamente en muchos países tropicales y el porcentaje anual de plantación se cree que llegará a 20 000 ha en 1975 (Lamb 1973). Casi todas las actuales plantaciones se derivan de las fuentes más septentrionales de Belice y Guatemala, ya que éstas son las únicas de que se dispone fácilmente. La demanda actual de semilla de las masas naturales excede con mucho a la oferta.

### P. oocarpa Schiede

El habitat natural de esta especie se extiende desde aproximadamente los 28° N en México hasta los 12° N en Nicaragua. Hasta recientemente era muy poco lo que se sabía de las poblaciones de Centroamérica y estas procedencias más tropicales presentan especial interés como fuentes de semilla para las plantaciones en los países tropicales estacionalmente secos. Desde 1969, en virtud del programa actual de investigaciones de procedencias de esta especie, se han realizado recogidas completas de semilla y de material botánico en Centroamérica y existe indudablemente una gran variación, tanto dentro como entre poblaciones en esta parte de su zona de distribución.

En el interior montañoso y árido de la América Central se encuentra, más o menos continuamente, en altitudes que oscilan entre 700 m y 2 000 m, con una precipitación media anual que varía corrientemente entre los 700 y los 1 500 mm y con una rigurosa y prolongada temporada seca. Por debajo de los 800 m de altitud se la encuentra en mezcla con P. caribaea. La comparación de la distribución de las dos especies en algunas zonas donde se sobreponen sugiere que P. oocarpa es más resistente a la sequía, aunque las diferencias de adaptación de ambas especies en cuanto a su resistencia a los incendios rasantes puede también influir en su distribución relativa (Kemp 1973). P. oocarpa crece característicamente en las laderas escarpadas en las cuales el suelo es poco profundo y de drenaje entre bueno y excesivo. Como las masas tenían menor acceso se han explotado menos rigurosamente hasta que quedaron agotados los bosques más accesibles de P. caribaea. Actualmente existe una gran demanda de la madera de ambas especies para la exportación a los Estados Unidos y Europa y esto ha hecho que la explotación se haya intensificado mucho.

#### P. pseudostrobus Lindl

Esta especie (incluida la especie muy cercana P. tenuifolia Benth, que algunos botánicos consideran una variedad de P. pseudostrobus) tiene un área latitudinal igual a la de P. oocarpa, desde alrededor de los 27°N a alrededor de los 12°45'N. Rara vez se la encuentra a menos de 1 200 m de altitud y crece característicamente en estaciones más favorables que las otras dos especies, ya que al parecer es menos resistente a las sequías estacionales y/o al fuego. Por este motivo su valor potencial para las plantaciones tropicales es más limitado. Sin embargo, algunas, por lo menos de las pocas procedencias que se han ensayado hasta ahora, manifiestan un crecimiento muy rápido en las plantaciones. Las masas más tropicales de Nicaragua y Honduras no han sido todavía adecuadamente exploradas y evaluadas. Muchas de estas poblaciones están hoy día muy agotadas y algunas de ellas están siendo rápidamente destruidas.

### INFLUENCIAS DESTRUCTIVAS

#### 1. Explotación

La exportación en gran escala de madera de pino desde Centroamérica empezó hace más de 30 años en las zonas más accesibles vecinas a la costa del Atlántico. Empezó por cortas por entresaca, extrayéndose únicamente los árboles sanos mayores y mejor formados, pero poco a poco las cortas se han intensificado a medida que disminuía el recurso y se han extendido también a todos los bosques accesibles del interior. Muchas de estas zonas se han cortado dos o tres veces de forma que únicamente quedan unos cuantos árboles de la peor calidad. No se ha prestado en general la debida atención a la necesidad de regenerar las zonas cortadas. Como resultado no sólo se ha registrado la extinción de los mejores genotipos de las masas, lo mismo que ha ocurrido en condiciones similares en otras partes (Zobel 1970), sino que también se ha producido la destrucción de grandes extensiones de bosque como resultado de los incendios que siguen a toda corta excesiva.

#### 2. Desbosques

Los restantes bosques naturales de P. caribaea y P. oocarpa en Centroamérica se limitan casi por completo a terrenos que son demasiado malos para el cultivo agrícola rentable. La agricultura de subsistencia, siguiendo sistemas de cultivo migratorio, sigue destruyendo los pinares de las zonas menos accesibles para la explotación maderera. Actualmente, P. pseudostrobus sufre más de este tipo de explotación que las otras dos especies, ya que crece en condiciones climáticas y de suelo más favorables, y el cultivo migratorio es casi seguramente el responsable de la destrucción de las masas naturales de esta especie en grandes extensiones de las tierras altas de Honduras y de Guatemala. Los desbosques para dedicar las tierras al pastoreo del ganado vacuno se han extendido progresivamente a los pinares, como un subproducto de su explotación maderera, a pesar de la calidad muy pobre de los pastos que pueden producir estos suelos mediocres. Las quemaduras regulares de los pastos que acompañan a la cría de vacunos resultan gravemente destructoras

para el repoblado de pino.

### 3. Incendios

Se admite en general que los bosques centroamericanos de P. caribaea y P. oocarpa son el resultado de una regresión climática provocada por el fuego (Johannessen 1959; Denevan 1960; Taylor 1963; Hunt 1970), pero la introducción de una explotación intensiva de los bosques y la cría de ganado vacuno ha hecho que los regímenes de incendios sean gravemente destructores para la regeneración de los pinos. La explotación maderera es más intensa en la temporada seca y los incendios suelen guardar relación con las operaciones de corta. Únicamente quedan los árboles peores para aprovechar el terreno desboscado en la siguiente temporada de fructificación. Incluso aunque al año siguiente no se efectúe una quema deliberada de la zona es muy probable que el fuego se propague de zonas vecinas. Cuando se introduce ganado vacuno suelen practicarse quemas anuales. La introducción de la gramínea africana Hyparrhenia rufa (Nees) Stapf. como especie pratense ha hecho con toda seguridad que aumentara la gravedad de los incendios de praderas en grandes extensiones de los pinares centroamericanos (Kemp 1973). Esta especie es de porte mucho más alto que las gramíneas indígenas y produce densos manchones de material inflamable.

### 4. Escarabajos descortezadores

Hay varias Dendroctonus spp endémicas de los pinares centroamericanos y las explosiones periódicas de su población han provocado una grave destrucción de pinos en grandes extensiones. Cuando un ataque grave provoca una fuerte mortalidad en masas de buena densidad suele ir seguido de una densa regeneración del pino, de forma que a pesar de las graves pérdidas en cuanto a volumen de madera en pie los recursos genéticos se conservan. Sin embargo, cuando el ataque se propaga a masas muy mermadas ya por la explotación y con muchos árboles dañados o poco sanos y ha habido frecuentes incendios destructores de la regeneración, estos escarabajos representan un ulterior agente de destrucción de toda la población.

### 5. Recogida de semillas y explotación resinera

La demanda internacional de semillas de P. caribaea ha conducido a actividades destructivas en algunas zonas como resultado de una recogida intensiva y repetida de semilla. La práctica de romper los ramos portadores de conos ha contribuido a la muerte de árboles en las zonas donde la recogida de semillas no está debidamente controlada. De igual forma el empleo de métodos rudimentarios de resinación que entrañan la excavación de grandes orificios en el tronco, han matado muchos árboles de P. oocarpa en algunas zonas. Estas actividades sólo pueden contribuir a la destrucción de los recursos genéticos cuando van asociadas con los factores importantes ya mencionados: la explotación, los desbosques y los incendios.

## INFLUENCIAS PROTECTORAS

### 1. Ecológicas

Aunque en los últimos años debido a la explotación hayan disminuido gravemente las poblaciones naturales de P. caribaea y P. oocarpa, lo probable es que sigan existiendo mucho tiempo en el centro de su zona de distribución ecológica, o sea, en la vasta llanura costera del Atlántico y en las laderas montañosas estacionalmente áridas, quebradas e infértiles. En estas zonas la continua intervención del hombre no es fácil que se generalice lo bastante como para eliminar completamente al pino y por lo menos sobrevivirán algunos bosquetes de las masas originalmente continuas. Si bien determinados genotipos pueden desaparecer, el fondo de genes seguirá existiendo. Sin embargo, la preocupación es mayor en cuanto a las poblaciones probablemente más especializadas de los márgenes del habitat ecológico y geográfico de cada especie, donde las masas que quedan han sido aisladas de las principales zonas del centro del habitat y donde una repentina intensificación de las influencias destructoras puede eliminarlas por completo. Un caso de este

tipo puede observarse en el límite meridional de ambas especies y también en las masas de P. caribaea del interior que es más árido. Muchas de las poblaciones meridionales de P. pseudostrabus se hallan ya en peligro puesto que en estas condiciones desfavorables no pueden sobrevivir tan bien como las otras dos especies.

## 2. Empresarial

Hoy día en Centroamérica se aprecia más cabalmente la importancia económica de los pinares y se está ejerciendo un mayor control sobre la explotación. Se han introducido planes de protección contra incendios para asegurar la regeneración del pino y en algunas zonas han tenido un éxito espectacular, como en la Mountain Pine Ridge de Belice y en el noroeste de Nicaragua. Además de estos planes gubernamentales, unos cuantos propietarios privados están también ordenando sus pinares con vistas a fomentar la regeneración natural. Sin embargo, estos planes únicamente dan resultado para conservar los recursos madereros comerciales y no abarcan las poblaciones que, como resultado de un grave agotamiento o aislamiento, se hallan más en peligro. Aunque puede haber un marco jurídico para proteger estas masas, faltan los medios prácticos para hacerlo. En unas cuantas regiones el valor protector que tiene el bosque para las cuencas hidrográficas es probable que asegure su conservación por este sólo motivo, pero estos casos son excepcionales.

## 3. Influencia internacional

El interés de otros países, fuera de la América Central, por los recursos de pinos se ha traducido en un establecimiento general de parcelas y plantaciones de ensayo. Casi todos estos ensayos se limitan, en origen, a las mismas pocas fuentes de semillas. La recogida de semillas en toda el área de distribución para las investigaciones de procedencia empezó en América Central en 1969, bajo los auspicios internacionales, y ya se ha iniciado la recogida de semillas para el establecimiento de rodales de conservación de genes ex situ. Actualmente este es el único medio eficaz de conservar los recursos genéticos de las poblaciones más en peligro en los bosques naturales. La conservación ex situ no tiene necesariamente que hacerse en un plano internacional por lo que se refiere a la ubicación de los rodales para la conservación, ya que algunos de ellos por lo menos pueden establecerse dentro del país de origen. Sin embargo, una gran parte del costo de estas operaciones tiene que sufragarse internacionalmente.

### CONSERVACION IN SITU DE LOS FONDOS DE GENES

#### Limitaciones

Los principales factores que actualmente limitan el empleo de la conservación de genes in situ en los bosques de pino centroamericanos son de carácter social, político y económico, más bien que técnico. Sólo se puede intentar la conservación in situ cuando se puede asegurar un nivel suficiente de protección contra las principales influencias destructoras durante un período de tiempo suficiente para salvaguardar los recursos. El intentar la conservación sin un control suficiente sería contraproducente. La mayoría de la gente que vive en las zonas rurales de Centroamérica lo hace al nivel de subsistencia, con muy poco más que los recursos naturales inmediatamente a mano para mantenerse. La reserva para la conservación de un área de tierras arboladas, ordenada por una autoridad exterior, provocará seguramente resentimiento e incluso una intervención más intensiva, a menos de que se ofrezcan incentivos especiales y se adopten medidas de protección. En la mayoría de las zonas los problemas administrativos y los costos generales que implica una protección adecuada son demasiado grandes. Es necesario confiar en las influencias ecológicas para la protección con la ayuda, en caso necesario, de medidas de conservación ex situ.

Las excepciones a esta regla son, como es natural, las zonas en las cuales se practica un cierto grado de ordenación para conseguir la regeneración natural del bosque. En la medida en que esto dé resultado se asegurará la continuación del fondo de genes, pero siempre puede haber el peligro de que pueda introducirse más tarde la regeneración artificial utilizando semillas de otros lugares. Con objeto de establecer los principios y técnicas de esta conservación in situ convienen algunos planes piloto en la esperanza de que más tarde podrán aplicarse más ampliamente. Por consiguiente, el establecimiento de zonas piloto de conservación de genes tienen que formar parte de planes más amplios de ordenación.

### Elección de zonas piloto

Los planes de ordenación más amplios y de base más racional se hallan actualmente en el noreste de Nicaragua (P. caribaea) y en el Mountain Pine Ridge de Belice (P. caribaea y P. oocarpa). Estos se hallan situados en los extremos opuestos del habitat latitudinal y climático de las especies sobre la costa, aunque las masas importantes del extremo meridional del habitat se hallan fuera de la zona nicaragüense controlada hoy día. También se ejerce cierto grado de control de los incendios en la llanura costera de Belice y existen planes para ampliar la zona protegida para que abarque 26 000 ha más de masas costeras de P. caribaea. En el Mountain Pine Ridge la conservación de genes está al parecer bastante bien asegurada, ya que una parte por lo menos es probable que se conserve como parque nacional, además de las vastas zonas regeneradas naturalmente para la producción de madera y de resina. Además la población de P. caribaea del Mountain Pine Ridge es la que está mejor representada en las 50 000 ha de plantaciones ya establecidas en otros países. Las dos zonas más apropiadas para los estudios piloto son, por consiguiente, el noreste de Nicaragua, donde ya se han protegido 330 000 ha, y la llanura costera de Belice.

Sería también muy conveniente incluir la otra extremidad del habitat ecológico de la especie, a saber las masas de la región árida del interior, situadas en el valle superior del río Choluteca en Honduras. Esto tendría además la ventaja de proveer a dicho país de un plan piloto. Lo mismo puede decirse de las interesantes masas que crecen aisladas cerca de Poptun en Guatemala. Sin embargo, existen muchos problemas adicionales para la conservación in situ en dichas zonas y para un plan piloto tiene indudables ventajas concentrar los esfuerzos en Belice y Nicaragua.

La dimensión de la zona que hace falta dependerá en parte de la densidad inicial de individuos genitores maduros y en parte de la necesidad de explorar y demostrar métodos apropiados de ordenación. Si hay una ausencia total de incendios durante un turno completo (tal vez de 40 a 50 años) es difícil que el pino se regenere bien frente a la competencia de las especies frondosas. Por este motivo, también para disminuir el peligro de incendios y los costos de protección, una vez que la regeneración de pinos esté lo suficientemente bien establecida, convendrá practicar quemas reguladas para permitir dicha regeneración. Como hace falta proceder a trabajos experimentales, habrá que contar con un área suficientemente grande para estas experiencias y disponer también de algunas parcelas de pinar en diferentes fases de desarrollo desde la de repoblado joven en adelante. Para todo ello, el tamaño de cada parcela de este tipo debe ser de unas 100 ha con una densidad media de 200-300 pies por hectárea de individuos reproductores en masas de 15 años de edad o más. Por consiguiente, hay que prever una superficie total de 100 ha que contenga 8 000 - 12 000 individuos reproductores en 40 ha a la vez, mientras que habrá que dejar 60 ha de masa inmadura o en regeneración.

La elección efectiva de las estaciones tiene que hacerse en consulta con las autoridades forestales locales y hará falta que un consultor de una organización internacional visite la zona durante unos tres meses para decidir esta selección y tramitar las medidas necesarias con las autoridades competentes. Se pueden elegir dos o tres estaciones en cada uno de los principales planes de ordenación. La posibilidad de extender los planes piloto a otras zonas, tal vez de otros países, también debe explorarse entonces.

### Costos

Como se propone aquí, los planes deben formar parte de planes de ordenación más amplios, compartiendo con éstos los gastos generales y repartiéndose las operaciones normales de protección del bosque. Es importante que el plan de conservación genética esté plenamente integrado y que las autoridades forestales lo consideren como parte de su propio proyecto. Es evidente que el país en cuestión obtendrá beneficios a largo plazo, por lo que puede considerar los costos de la zona de conservación como parte de los gastos normales del plan de carácter más general. Sin embargo, además de los gastos iniciales que entraña la selección y el deslinde de las zonas, la intensificación de las operaciones en la zona de conservación que conviene para lograr un elevado grado de protección y para aplicar los

diversos regímenes de incendios regulados en las diferentes secciones, supondrán seguramente gastos anuales algo mayores.

Los primeros gastos directos, enteramente a cargo del organismo internacional que patrocina el plan piloto, comprenden el sueldo, viáticos y gastos de viaje del consultor. Teniendo en cuenta el aumento de las tarifas aéreas, estos gastos se elevarían en total a 10 000 dólares EE.UU.

El costo de las operaciones sobre el terreno para el deslinde de las zonas, la construcción de carreteras de acceso, rompiefuegos y manutención del servicio de detección y de lucha contra los incendios dentro de la zona o que amenacen a ésta, sólo podrán determinarse en consulta con las autoridades competentes. Sin embargo, se puede adelantar alguna estimación como base para estas conversaciones.

En un informe de la FAO sobre la lucha contra los incendios en la región correspondiente de Nicaragua (FAO 1973) se da un costo estimado anual para la zona propuesta para la extensión del proyecto, que se eleva a unos 237 000 dólares EE.UU. durante los tres primeros años. Esta cifra no incluye algunos gastos generales comunes con otros proyectos, o sea, alrededor de 1,8 dólares EE.UU. por hectárea protegida. El área total propuesta para el nuevo plan de lucha contra incendios en Belice es mucho menor, pero todavía no se disponen de cifras exactas sobre los costos. Tomando en cuenta la depreciación de los vehículos y de la instalación durante un período de diez años y de las construcciones durante un período de hasta 50 años y, en el supuesto de que los sueldos del personal supervisor sólo se imputen al plan de protección durante aproximadamente  $3\frac{1}{2}$  meses en el año, el costo anual por hectárea sería aproximadamente de cuatro dólares EE.UU. Si esta cifra se toma como base para calcular el costo anual de la protección de una zona de conservación genética de 100 ha, este costo sería de 400 dólares EE.UU. siempre que la zona se tratara en pie de igualdad con el resto del programa.

Durante el primer año el costo de habilitación de caminos de acceso a los rodales destinados a la conservación y de los rompiefuegos limítrofes de los mismos será algo mayor que el promedio general y también se incurrirá en gastos para el deslinde y la enumeración. Al mismo tiempo, las carreteras habilitadas y los datos que se recojan servirán también para el programa general de ordenación. Sugerimos, por consiguiente, como base de discusión una contribución inicial a las operaciones de campo, en el primer año, de 1 000 dólares EE.UU. con referencia a cada zona de conservación de 100 ha; y una contribución anual para las medidas de protección durante los diez primeros años de 500 dólares EE.UU. por zona. Otra posibilidad es considerar la contribución calculada para un período de diez años para todas las zonas de conservación, dentro de un plan de ordenación, como una sola contribución a los costos iniciales de adquisición de equipo.

La seguridad a largo plazo de las zonas de conservación dependerá del interés sostenido de los funcionarios locales responsables. Habrá que asignar fondos para que los funcionarios locales viajen a otros países donde se mantienen zonas de conservación genética. Para este objeto habrá que prever una cantidad adicional de 10 000 dólares EE.UU.

Los gastos totales para un período de diez años, comprendidas las visitas iniciales de un consultor a cuatro países y la selección y ordenación de seis planes piloto de conservación genética en dos países, tomando en cuenta becas de viaje para el personal local, ascenderían a 53 000 dólares EE.UU. aproximadamente. Este gasto es pequeño en relación con la contribución internacional que hace falta para financiar la conservación genética ex situ, indispensable para salvaguardar las poblaciones en mayor peligro inmediato.

REFERENCIAS

- Denevan, W.M. The upland pine forests of Nicaragua. Univ. of Calif. Publ. in Geography.  
1960 Vol. 12. N° 4. Berkeley. EE.UU.
- FAO. Investigación sobre el fomento de la producción de los bosques del Noreste de  
1973 Nicaragua. FO: SF/NIC 9. Informe técnico 4. Roma.
- Hunt, D.R. Some observations on the pine savannas of British Honduras. Intern.  
1970 Rep. Roy. Bot. Gdns. Kew. London.
- Johannessen, C.L. Geography of the savannas of interior Honduras. Dept. Geogr.  
1959 Univ. of Calif. Berkeley. EE.UU.
- Kemp, R.H. International provenance research on Central American pines. Comm. For.  
1973 Rev. 52 (1) 55-66.
- Taylor, B.W. An outline of the vegetation of Nicaragua. J. of Ecol. 51 (1).  
1963
- Zobel, B. Mexican pines. In Genetic resources in plants - their exploration and  
1970 conservation. ed. O.H. Frankel y E. Bennett. Blackwell Scientific Publ.  
Oxford. I.B.P. Manual N° 11.

## FRONDOSAS TROPICALES

por

L.R. ROCHE

Departamento de Ordenación de Recursos Forestales, Universidad de Ibadán

### INTRODUCCION

Son muchas las especies frondosas tropicales y sus ecosistemas, aunque muy fragmentados, se encuentran en todas partes de los trópicos. A la mayoría de estas especies sólo se las conoce desde el punto de vista taxonómico y es muy poco lo que se sabe acerca de su ecología y genética. Su distribución se halla en constante regresión y los ecosistemas que quedan en los cuales crecen están muy dislocados. La necesidad de medidas para la conservación de los ecosistemas de frondosas tropicales es más urgente que para cualquiera de los otros ecosistemas forestales del mundo. Salvo un número insignificante, estas especies no se cultivan y crecen sólo en forma silvestre. De aquí que, en la mayoría de ellas, el que sigan existiendo dependerá de que se mantenga la integridad de sus ecosistemas.

La insuficiencia de la información disponible y la amplitud del problema no permiten tratar detalladamente la metodología de las frondosas tropicales para cada una de las tres grandes regiones donde éstas se encuentran. Por este motivo, en esta monografía nos hemos limitado al Africa, con referencia especial a Nigeria, aunque consideramos el problema desde un punto de vista mundial.

En muchos países del Africa tropical el patrimonio forestal, que comprende una gran parte de los bosque densos restantes, está administrado por los servicios forestales del Estado. En algunos países, algunas extensiones de bosque están bajo el control de las administraciones de los parques nacionales. Por consiguiente, sólo pueden aplicarse medidas eficaces para la conservación de los ecosistemas forestales tropicales y de los recursos genéticos de las especies frondosas que encierran a través de estos servicios oficiales. En ningún proyecto de metodología de la conservación se puede ignorar este hecho.

Como muchos de los ecosistemas forestales tropicales son también habitats de toda una diversidad de especies silvestres raras, su conservación interesa también a los zoólogos, a los ecólogos y a los ordenadores de la fauna silvestre. Además, asegurando la integridad de muchos de estos ecosistemas amenazados se conseguirá también asegurar la integridad de importantes cuencas hidrográficas y se evitará la erosión. Por estos motivos es evidente la necesidad de un esfuerzo cooperativo y de un íntimo contacto entre los forestales y las otras personas que se ocupan de la conservación del patrimonio forestal africano y de los recursos que contiene.

### ECOSISTEMAS DE FRONDOSAS TROPICALES

#### Distribución, estructura y composición

Los ecosistemas de frondosas tropicales se encuentran en tres regiones del mundo, a saber, las zonas boscosas de Africa, del Sudeste de Asia, y de la América Central y del Sur que se extienden desde el trópico de Cáncer al trópico de Capricornio.

Se conocen tres grandes formaciones: los bosques higrofiticos sempervirentes, los bosques húmedos caducifolios y los bosques xerofiticos caducifolios; y, dentro de estas formaciones, pero especialmente dentro de las dos primeras, se encuentran las frondosas tropicales en cantidades comerciales.

Casi todas las especies, y muchas de las familias, son diferentes en cada una de las tres regiones geográficas. A pesar de ello, la estructura de los ecosistemas forestales primarios y las sucesivas fases de su desarrollo en cada región son muy parecidas y, en general, no existen ecosistemas de frondosas tropicales que posean simusias que no se encuentren en otros sitios. (Richards 1952).

En cada una de estas tres regiones los ecosistemas se caracterizan por el gran número de especies, ninguna de las cuales predomina por su frecuencia, y la gran mayoría de las cuales están representadas por muy pocos individuos por hectárea (Cuadro 2, figura 1). Esta última característica puede ser adaptativa y basada en relaciones huésped-parásito (Connell 1970).

Los ecosistemas con muchas especies y una gran estabilidad se encuentran en general en ambientes que ofrecen condiciones óptimas para el crecimiento y que han permanecido estables durante mucho tiempo. Estos ambientes se encuentran sobre todo en los ecosistemas de las regiones tropicales y subtropicales húmedas (Stern y Roche, 1974).

A pesar de su uniformidad ecológica aparente, los ecosistemas forestales tropicales contienen una multitud de nichos que se han poblado en parte por casualidad, pero predominantemente por los factores especiales que los caracterizan. Es posible que esta especialización sólo se traduzca en diferencias en cuanto a unos cuantos caracteres, por ejemplo, altura de los árboles adultos, porcentaje de crecimiento, duración del ciclo vital, tolerancia a la sombra, estrategia de la reproducción, tipo de mecanismo de dispersión, fenología de la foliación, floración y fructificación (véase Richards 1969). Además, puede haber zonas con diferentes frecuencias de nichos, tales como las que tienen tipos de suelos diversos, o diferentes tendencias en cuanto a los valores medios del clima a lo largo de las laderas montañosas, lo que favorece una claustración en la distribución de las especies o ciertas tendencias en cuanto a su frecuencia. Una estructura cuya complejidad aumenta con el tiempo puede también ofrecer otras oportunidades de especialización. La profusión de especies en los bosques tropicales no sólo es el resultado de la estabilidad ambiental y de las condiciones óptimas de crecimiento que permiten una especialización extrema dentro de nichos angostos, sino que es también una de las consecuencias de la edad de dichos sistemas. Todo proceso evolutivo necesita tiempo. Contra más tiempo transcurra en un medio ambiente constante, mayor será el número de especies que se forman (Stern y Roche 1974).

#### EFFECTOS DE LA INTERVENCION DEL HOMBRE

Stern y Roche (1974) han estudiado los efectos de la intervención del hombre en los ecosistemas forestales tropicales. Seguidamente damos un resumen de los pasajes correspondientes de dicho estudio.

La cubierta vegetal original de Africa ha variado tanto como consecuencia de las actividades del hombre que resulta difícil, si no imposible, cartografiar su vegetación en función de un concepto de climax climático y muchos investigadores han preferido basarse para ello en la vegetación natural que existe (Shantz y Turner, 1958). Richards (1952) indica que, a menos que se proceda a un decidido esfuerzo para detener la destrucción, todo el bosque higrofitico tropical puede desaparecer durante la actual generación, salvo algunas raras zonas inaccesibles y unas pocas reservas naturales que se conservan artificialmente como fuentes de madera.

Se ha calculado (Schantz 1948) que la superficie que ocupaban entonces los densos bosques del Africa tropical abarcaba alrededor de 530 millones de hectáreas. La sabana y tierras de pasto adyacentes, derivadas principalmente de la destrucción de los bosques cubrían casi 900 millones de hectáreas, de las cuales la mayor parte, e incluso la totalidad, con una ordenación adecuada, serían capaces de transformarse otra vez en bosque. Shantz (1948) llega a la conclusión de que, ya entonces, los bosques de gran densidad de masa del Africa tropical se habían reducido a una tercera parte de lo que eran en un principio y que todavía seguían mermando rápidamente. Esta disrupción general de los ecosistemas forestales ha provocado el agotamiento de los recursos genéticos de muchas frondosas tropicales y amenazado la existencia de especies enteras. En la publicación "Conservación de la vegetación al sur del Sahara" (Hedberg y Hedberg 1968) se da cuenta detalladamente del actual estado de conservación de la vegetación natural de Africa. Lo que queda de los ecosistemas forestales tropicales se limita hoy día en muchas partes del mundo a las reservas forestales del Estado. Sin embargo, esto no quiere decir que las especies indígenas que contienen dichas reservas se regeneren para su utilización futura. Continúan los apeos y las zonas desboscadas se plantan algunas veces con especies forestales exóticas de crecimiento rápido como Tectona grandis, Gmelina arborea, Pinus y Eucalyptus spp. En casi todas partes en Africa se ha considerado más fácil establecer plantaciones de especies forestales exóticas que ordenar los ecosistemas naturales de monte alto ricos en especies. Por consiguiente, en muchas partes de los trópicos, y en Africa con toda seguridad, las prácticas forestales modernas tienden a reemplazar los ecosistemas forestales naturales por vastas extensiones de plantaciones de una sola especie de origen exótico.

A pesar de la exigüedad del patrimonio forestal reservado de muchos países tropicales (menos del 2 por ciento de la superficie territorial se dedica a reserva de monte alto en Nigeria), existe una fuerte presión para que las tierras forestales dejen de ser reservas. Desde la segunda guerra mundial y debido al crecimiento demográfico, grandes tramos de reservas forestales se han convertido en tierras agrícolas o han sido ocupadas por comunidades de agricultores que emigraban de las zonas de suelo empobrecido de la periferia de las reservas.

Los ecosistemas forestales naturales de los trópicos están siendo definitivamente eliminados ingentemente, o perturbados a un ritmo cada vez mayor. Además, se ha avanzado relativamente muy poco en el estudio de estos ecosistemas desde el punto de vista de la ecología y de la genética durante los últimos 30 años, que es el período en que su explotación ha sido más intensiva. Por lo tanto, muchos de los ecosistemas tropicales están en peligro de perderse definitivamente, lo mismo que las especies que los forman. Además, esta pérdida puede producirse antes de que dichos ecosistemas hayan sido objeto de un estudio biológico detallado para determinar su utilidad actual o futura para el hombre.

#### RECURSOS GENETICOS DE LAS FRONDOSAS TROPICALES

##### Genética

La propagación del polen y de las semillas tienen su importancia en la creación de la diversidad específica y en su conservación. Es lo que determina el tamaño efectivo de la población de las especies así como la derivación genética y los efectos conexos. La polinización depende de la distancia, la presencia de vectores y la época de la floración. La propagación de las semillas suele ser limitada y no es rara la regeneración en bosquetes. Por consiguiente, aunque la escasa densidad de población y la autogamia son rasgos característicos de las especies de muchos ecosistemas tropicales, la presencia de pequeños bosquetes de árboles facilita la polinización cruzada. Además, el carácter dioico, o sea, la polinización cruzada obligada, puede ser frecuente en algunos ecosistemas tropicales. En un bosque higrofitico de Sarawak, el 26 por ciento de 711 especies de árboles con más de un pie de circunferencia eran dioicos en comparación con el 2 por ciento calculado para la flora británica y el 5 por ciento de todas las plantas con semillas del mundo. Casi todas las especies dioicas se encuentran en los estratos inferiores. La polinización por el viento es rara y los principales vectores son los insectos, pájaros, murciélagos y animales

pequeños. En Brunei, en una superficie de 40 ha, de 760 especies arbóreas, sólo una de ellas era anemógama. Crecía, cosa característica, en la cumbre de las montañas. La polinización por el viento es más frecuente en estaciones extremas como son las orillas de los ríos, los brezales y las cumbres de las montañas (Ashton 1964, 1969 - para los estudios complementarios sobre el bosque higrofitico de Malasia véase Poore 1968).

La interdependencia de la flora y de la fauna de los ecosistemas tropicales suele ser con frecuencia el resultado de una co-adaptación. Por ejemplo, se ha demostrado que de las 40 especies de Ficus estudiadas en América Central, todas ellas poseían su propio vector de polen; únicamente una de estas especies poseía dos. En dos de las grandes categorías taxonómicas de Ficus que se han estudiado, cada una tenía su propia especie de avispa (Agaonidae) como vector de polinización, en función con su crecimiento. Las especies introducidas de Ficus no producían semilla cuando faltaba el polinizador (Ramírez 1970). Esta interdependencia entre vector y especie forestal indicaría que, si el ecosistema no se altera hasta el punto de que la población del vector no baste ya para asegurar la polinización la fructificación disminuirá y la especie quedará eventualmente eliminada a menos de producirse un cambio en el sistema de fecundación. Sin embargo, hay pruebas de que puede producirse dicho cambio cuando éste puede contribuir a la sobrevivencia de la especie.

La dispersión de las semillas es un mecanismo de migración más eficaz que la propagación del polen. También en este caso la propagación de las semillas ligeras por el viento es rara en los ecosistemas forestales tropicales, aunque existen excepciones, por ejemplo, Bombax buonopozense y Ceiba pentandra (Hall 1974). En estos ecosistemas predominan los frutos pesados que contienen grandes reservas alimentarias, que favorecen el establecimiento de las semillas a la sombra. La diseminación por los animales es frecuente. Según Osmaston (1965), el murciélago frutívoro (Eidolon helvum) puede consumir más de 500 semillas de Chlorophora excelsa, frondosa comercial dioica, alimentándose de sus frutos durante una sola noche y diseminando las semillas en las deyecciones.

Las demandas impuestas a una población en cuanto a la adaptación varían con la situación de la especie en la sucesión. La sucesión empieza con la especie colonizadora y termina con la valencia de especies climácicas o de una vegetación subclimácica. Ambos tipos de especies colonizan o recolonizan respectivamente, de diferentes formas y con diferentes requisitos acerca de sus medios ambientes respectivos (Stern y Roche 1974).

Los ecosistemas forestales climácicos son víctimas periódicamente de catástrofes naturales que pueden crear grandes claros en el bosque. Los procesos naturales del envejecimiento y de la muerte originan claros más pequeños, que también ofrecen oportunidades para la regeneración del ecosistema. Las especies colonizadoras, generalmente fotófilas, de crecimiento rápido y de vida breve, colonizan los claros mayores. Así, Cecropia y Ochroma spp. se encuentran en los claros de bosque primario de América del Sur; Musanga cecropioides y Maesopsis eminii en el África occidental y oriental respectivamente; Macaranga en Malasia; y especies de Adinandra, Mallotus, Melochia y Trema en el sudeste de Asia (Richards 1971). Estas especies colonizadoras se ven sucedidas a su vez por diversas etapas serales de sucesión. Además, existen considerables pruebas de que a la combinación de especies de un ecosistema climácico, en un determinado lugar y tiempo, sucede después de establecidos los claros, no la misma combinación sino otra diferente; sin embargo, en una amplia extensión de bosque heterogéneo pueden hallarse representadas todas las combinaciones. Por consiguiente, el equilibrio dinámico de las combinaciones de especies en los ecosistemas climácicos, aunque fluctúa en espacio y tiempo es constante en una amplia extensión. Los claros más pequeños, ocasionados por ejemplo por la muerte de un pie dominante, pueden ser ocupados por brinzales tolerantes a la sombra que empiezan a crecer rápidamente después de la eliminación de la espesa copa bajo la cual se han establecido. De esta forma el claro queda ocupado por una especie fortuitamente presente, capaz de responder a una mayor luz solar (Richards 1971, Baker 1959).

Desde el punto de vista genético, se ha demostrado que existe una correlación variación/habitat en casi todas las especies arbóreas de la zona templada septentrional que se han estudiado, pero no se sabe hasta qué punto este fenómeno se aplica a las frondosas tropicales. Sin embargo, es probable que las especies frondosas tropicales de amplia distribución en toda una diversidad de ambientes, por ejemplo, Khaya grandifoliola de Nigeria, también manifiesten variación intraespecífica. Las especies comerciales importantes de ambientes tropicales y subtropicales, por ejemplo, Tectona grandis y varias Eucalyptus spp., que se han estudiado confirman esta conclusión.

#### Limitaciones de la conservación

Aunque muy fragmentaria y desparramada, la información sobre la ecología y la genética de los ecosistemas forestales tropicales de Africa, pone de relieve la interdependencia de su flora y de su fauna y las dificultades que presentaría la elaboración de una metodología para la conservación de las especies sin tomar en cuenta su ecosistema. A falta de suficiente información sobre la biología y la silvicultura de la mayoría de las frondosas tropicales, estas dificultades se complicarían y resultarían insuperables en un futuro inmediato.

Debido a la escasa densidad con que crecen y a la falta de datos sobre la definición precisa de lo que es una población reproductora efectiva, la dimensión exacta que debe tener una zona destinada a conseguir la conservación in situ de los recursos genéticos de una determinada especie es todavía más difícil de determinar en los bosques tropicales que en otras partes (véase Capítulo 10). Con frecuencia lo más que cabe hacer, por el momento, es lograr que las especies amenazadas estén representadas por el mayor número posible de individuos en los ecosistemas forestales destinados a formar parte de las Reservas Naturales Integrales o de los Parques Nacionales.

Del mismo modo, la falta de datos silvícolas limita las posibilidades de conservación ex situ de muchas de las frondosas tropicales.

Con frecuencia se ignora si las poblaciones de una especie, cuya distribución es limitada y que ocupa un solo habitat, están en aumento o en disminución en un determinado ecosistema. Por consiguiente, es posible que con el tiempo las poblaciones deseables queden eliminadas de un ecosistema conservado. En estos casos, y con las debidas técnicas de ordenación, se puede mantener un ecosistema en una fase subclimática para favorecer la perpetuación de una especie particular. "Sin embargo existen límites naturales y económicos para la conservación y la cobertura integral es menos realista y menos eficaz que una sana concepción biológica de los sistemas de conservación, cualesquiera que sean los biota que estén destinados a proteger. Si la extinción de una especie protegida se produjera en cualquier momento en el futuro habría que atribuirle a causas relacionadas con la evolución natural y no a una reserva insuficiente" (Unesco 1973).

#### Conservación in situ

En los trópicos, los servicios forestales del Estado se dan cuenta perfecta de la necesidad de conservar los restos del bosque natural en diferentes zonas de vegetación y por ello muchos países africanos han reservado grandes tramos de bosque bajo el nombre de Reservas Naturales; Reservas Naturales Integrales o Parcelas Inviolables. El término Reserva Natural Integral (SNR) es el que emplea, aprueba y define la Organización de la Unidad Africana (O.U.A. 1968) que sigue una política declarada sobre conservación de la naturaleza y recursos naturales. La "Reserva Natural Integral" la define la O.U.A. como sigue:

- i) Reserva bajo control del Estado de la cual nadie, salvo el órgano legislativo competente, puede modificar los límites o alienar parte alguna;
- ii) Reserva donde están rigurosamente prohibidas todas las actividades relacionadas con la explotación forestal; la agricultura o minería; toda clase de pastoreo y todo trabajo de excavación, prospección, perforación y nivelación del terreno o construcción; todas las obras que puedan alterar la configuración del suelo o la naturaleza de la vegetación; toda contaminación de las aguas; y, en general, toda intervención capaz de perjudicar o perturbar la fauna o la flora, incluida la introducción de especies zoológicas o botánicas, ya sean indígenas o importadas, silvestres o domésticas.
- iii) Reserva donde está prohibido residir, entrar, atravesar o acampar, o sobrevolar a baja altitud, sin una autorización especial por escrito de una autoridad competente y sin la cual tampoco pueden autorizarse investigaciones científicas (comprendida la extracción de animales y plantas con objeto de mantener un ecosistema).

Como ya se ha dicho anteriormente, los servicios forestales de muchos de los países africanos cuentan ya con un programa de conservación bien definido para sus principales tipos de bosque, programas que, aunque se han emprendido antes del convenio de la O.U.A. sobre la conservación de los recursos naturales, están muy de acuerdo con las recomendaciones y definiciones que éste contiene. Por ejemplo, Kenia posee cuatro Reservas Naturales Integrales, Uganda diez y Nigeria siete, y cada uno de estos países ha delimitado otras zonas para declararlas reservas. Algunas de estas Reservas Naturales Integrales se crearon en torno a los años 40 y han contribuido a la conservación del habitat de muchos animales importantes, como por ejemplo, el Gorilla gorilla en la Reserva Forestal de Bwindi en Uganda.

El estatuto jurídico de las Reservas Naturales Integrales en Nigeria y en Uganda es idéntico al de las Reservas Forestales. Por consiguiente, siguen siendo vulnerables y nada se opone a los derechos tradicionales de la población local. En Kenia, en cambio, una Reserva Natural Integral goza de una condición jurídica que le confiere una mayor protección que la de una Reserva Forestal. A continuación citamos el pasaje de la ley de Kenia (Kenyan Forest Law) que a ello se refiere:

- i) El Ministro podrá, por notificación en la Gaceta, declarar cualquier zona forestal o cualquier bosque central reserva natural a los fines de preservar las bellezas naturales así como la flora y la fauna que contienen; de igual forma, declarar que toda reserva natural cesa de ser reserva de la naturaleza.
- ii) En toda reserva natural se prohíben: la corta, el pastoreo, la extracción de productos forestales o la perturbación de la flora, salvo en el caso de disponer de un permiso del Conservador Jefe, permiso que sólo se concederá con el objeto de conservar la flora y las bellezas naturales de la reserva.
- iii) Se prohíben la caza, la pesca y la perturbación de la fauna, salvo en el caso de que estén autorizadas por el Conservador Jefe, previa consulta con el Guarda Mayor Jefe, que considere necesario o conveniente capturar o matar una especie determinada.

Los estados africanos, por consiguiente, siguen una política y definiciones bien establecidas en lo que se refiere a las Reservas Naturales Integrales. Sobre la base de esta política, y de los perfeccionamientos introducidos en la metodología en muchos países, se podrá elaborar un programa de acción para la conservación de los recursos genéticos de las especies frondosas tropicales. Hay que subrayar, sin embargo, que los programas propuestos necesitarán el apoyo de organismos internacionales y que su elaboración sólo podrá lograrse con la participación de los servicios gubernamentales existentes que se ocupan ya de la conservación de los recursos genéticos.

Una vez que los países africanos hayan establecido suficientes plantaciones para hacer frente a las necesidades nacionales, la conversión del bosque alto en plantaciones disminuirá considerablemente. Incluso así, las reservas forestales seguirán siendo objeto de una gran presión por parte de las poblaciones agrícolas locales. Lo cierto, por lo tanto, es que, en los países africanos, no puede preverse un aumento del patrimonio forestal en reserva sino que al contrario, es muy probable que este patrimonio disminuya como resultado de la liberación de las reservas y por ello es urgentemente necesario establecer más Reservas Naturales Integrales.

En el capítulo 10 se han dado ya las normas para la conservación in situ y por lo tanto, no las repetiremos aquí. Sin embargo, tal vez convenga subrayar una vez más la necesidad de establecer criterios rigurosos para el establecimiento de Reservas Naturales Integrales y para su subsiguiente ordenación. Como se indicó en el capítulo 10, las zonas de bosque puestas en reserva sencillamente con el fin preconcebido de conservar los recursos forestales genéticos difícilmente permanecerán invioladas y además no aportarán información acerca de dichos recursos que pueda traducirse en objetivos de conservación cuando se las incorpore en los planos de ordenación forestal.

#### Conservación ex situ

Toda metodología para la conservación de las frondosas tropicales debe basarse en una síntesis de la información disponible acerca de la composición, ecología y genética de sus ecosistemas y tener en cuenta hasta qué punto dichos ecosistemas han sido alterados por el hombre. Esta información tiene que incorporarse en propuestas prácticas para el deslinde y la ordenación de las R.N.I. por los servicios gubernamentales. Sin embargo, cuando el establecimiento de una R.N.I. es imposible de lograr en una región donde las poblaciones raras de una determinada especie están en peligro de extinción, habrá que encontrar los medios apropiados para la conservación ex situ.

Estas poblaciones deben propagarse bien sea vegetativamente en bancos de clones, bien sea a partir de semilla para conseguir su perpetuación. La semilla deberá recogerse con la mayor frecuencia posible de las masas originales y sembrarse ya sea localmente o en otro país dispuesto a cooperar en la conservación de los recursos genéticos de la especie. Cuando no se puedan propagar localmente las poblaciones de una especie a causa de los ataques crónicos de patógenos, por ejemplo, Levoa swynnertonii en Kenia, será necesario recabar asistencia para establecer las plantaciones en otro país donde no existan dichos patógenos o donde sean menos virulentos.

Es relativamente pequeño el número de frondosas tropicales y subtropicales cuya silvicultura se conozca lo suficientemente bien como para garantizar el éxito de las plantaciones, ya sea en el país de origen o en otros países. Entre estas frondosas, las más importantes con mucho desde el punto de vista internacional son Tectona grandis, Gmelina arborea y algunas Eucalyptus spp. Estas especies se han plantado en todos los trópicos y se han adoptado medidas de conservación ex situ especialmente para Tectona grandis y Eucalyptus spp.

En el Capítulo 10 se describe una metodología para la conservación ex situ y se bosquejan los principales factores que hay que tomar en cuenta cuando se elabore un programa a este objeto. No cabe duda alguna de que impondrá la adopción de métodos similares de conservación ex situ para varias frondosas tropicales para las cuales hoy día no se han elaborado todavía técnicas adecuadas de almacenamiento de semillas, establecimiento de plantaciones y propagación vegetativa. Por estos motivos, hay que otorgar prioridad a los programas de investigación que puedan aportar esta información. Es importante observar, sin embargo, que muchas especies frondosas tropicales de importancia comercial son especies de ecosistemas de bosque climácico y que será sumamente difícil, e incluso imposible, establecerlas en plantaciones puras. Las especies que más se prestan a la conservación ex situ son las especies colonizadoras que exigen luz y que en general no plantean problemas de conservación.

### Investigaciones necesarias

Los programas de conservación de frondosas tropicales, emprendidos por los servicios forestales gubernamentales, podrían disfrutar del apoyo científico de los programas de investigación pertinentes realizados por los comités nacionales compuestos de especialistas procedentes de los correspondientes departamentos universitarios y organismos estatales. Estos programas de investigación se referirían al inventario y clasificación de los ecosistemas, así como a la genética y ecología de las especies amenazadas o empobrecidas. Hay que hacer especial hincapié en los estudios efectuados dentro de las reservas para determinar factores tales como la altura de los árboles adultos; el porcentaje de crecimiento; la longevidad; la tolerancia a la sombra; la estrategia de la reproducción; el tipo de mecanismo de dispersión, y la fenología de la floración y de la fructificación. También tratarían de los problemas de la recolección, almacenamiento y ensayo de semillas de frondosas tropicales.

Los resultados de estos programas de investigación repercutirán directamente en la conservación, ya que únicamente cuando se disponga de estos resultados será posible ordenar científicamente los restos del bosque alto reservado que rodean las Reservas Naturales Integrales y para los cuales no se proyecta la conversión en plantaciones de especies exóticas. La elaboración de técnicas silvícolas para cada especie frondosa y la ulterior domesticación de estas especies dependerán también, como es lógico, de los resultados obtenidos con estos programas de investigación.

### LA SITUACION EN NIGERIA

Como no es posible tratar detalladamente de la metodología de la conservación de todas las frondosas tropicales en los países del mundo donde crecen, o incluso en los países africanos exclusivamente, nos contentaremos con describir, con cierta profundidad, el programa en marcha en un país donde se ha elaborado una metodología y donde la necesidad de la conservación es evidente.

Aunque Nigeria cuenta con cerca de 80 millones de habitantes, únicamente un dos por ciento de su superficie territorial se encuentra bajo monte alto reservado (Cuadro 1). En el pasado se ha intentado someter a estos bosques a un tratamiento tropical de regeneración bajo cubierta (tropical shelter wood systems (TSS)), pero estos intentos se han abandonado ya en gran medida y se hace hincapié en la conversión de los ecosistemas de monte alto en plantaciones artificiales de especies exóticas. La conversión se practica generalmente siguiendo el sistema Taungya, o sea, que se invita a los agricultores locales a penetrar en las reservas para desboscar zonas ya explotadas por su madera, pero todavía muy arboladas, a cambio de lo cual se les autoriza a practicar sus propios cultivos hasta que se cierre la cubierta de copa de los árboles plantados. Cuando esto ocurre se los traslada a otra zona.

Aunque Nigeria no posee el gran número de especies forestales que se encuentra en algunos países tropicales, cuenta, sin embargo, con algunas frondosas comerciales muy importantes y de aquí que se haya producido una explotación intensiva de varias de estas especies, hasta el punto de que están escaseando cada vez más. Además, estas especies no se plantan en escala importante (Cuadro 3). La explotación maderera sigue siendo intensiva y lo más fácil es que aumente con el rápido crecimiento del mercado interior. La explotación, combinada con la conversión del monte alto en plantaciones; la liberación de las reservas; la invasión por la agricultura de las reservas forestales; y, las anteriores perturbaciones, han provocado la desaparición casi total de todos los ecosistemas primarios intactos de monte alto. Actualmente, los esfuerzos que se realizan en pro de la conservación tienen por objeto interrumpir este estado de degradación rápida, ya que, por el momento, no se han establecido parques o reservas de caza en las zonas de monte alto más gravemente afectadas.

### Conservación in situ

En la actualidad se está preparando un mapa de la vegetación del país y se han establecido ya siete Reservas Naturales Integrales en varias de las grandes formaciones forestales. En el Cuadro 1 se dan detalles sobre el emplazamiento y las dimensiones de estas R.N.I. y en el Cuadro 4 se hace una descripción detallada de una de ellas. También se llevan registros similares para cada una de las otras reservas. Para la constitución de las R.N.I. se han seguido los principios siguientes:

- i) Zonas que contienen muestras suficientes de las principales formaciones ecológicas típicas casi intactas.
- ii) Zonas donde crecen especies vegetales muy raras o que presentan interés extraordinario.
- iii) Zonas que contienen especies en peligro o especies que sufren empobrecimiento genético.
- iv) Estas zonas tienen que ser accesibles, pero no estar demasiado cerca de las carreteras, plantaciones y aglomeraciones.
- v) Tienen que ser lo suficientemente grandes como para evitar que el tipo de vegetación muestre interrupción por el cambio de la vegetación circundante.

Para la selección y establecimiento de una Reserva Natural Integral hay que adoptar las siguientes medidas:

- i) Se deslindan las zonas potenciales por medio de fotografías aéreas.
- ii) Se procede a un reconocimiento de la zona deslindada al objeto de localizar la zona particular apropiada para la creación de una Reserva Natural Integral.
- iii) Se solicita la aprobación del correspondiente Conservador Jefe de los Bosques del Estado para convertir la parte elegida de la reserva forestal en una Reserva Natural Integral.
- iv) Una vez que se obtenga esta autorización, se levanta el plano de la zona y se procede a la labor de amojonamiento empleando jalones de hormigón.
- v) Se hace una descripción de la vegetación y una lista de la flora de la reserva y, seguidamente, se traza el perfil de la estructura forestal y se determina el tipo de suelo.
- vi) Se abre un expediente de la reserva, en el cual se registran todos los datos que la conciernen.

Los límites de las Reservas Naturales Integrales, que no tengan cerca, se desboscan todos los años por el personal del Servicio Forestal del Estado y de los servicios forestales federales y se efectúa una inspección dentro de la reserva. Hasta la fecha, es evidente que el estatus jurídico de las Reservas Naturales Integrales en Nigeria no es satisfactorio, ya que, a diferencia de lo que sucede en otros países africanos como Kenia, los derechos tradicionales siguen prevaleciendo en las reservas forestales de Nigeria y, por consiguiente, la población local continúa cazando y recogiendo leña y productos forestales de diversos tipos. A causa de ello se ha producido una considerable interrupción en varias de estas reservas.

Se reconoce que el número de Reservas Naturales Integrales es insuficiente en Nigeria y que no están representadas muchas de las formaciones forestales que contienen poblaciones importantes de frondosas. Por ello, se han hecho propuestas para establecer otras de estas

reservas. Charter (1968) ha preparado una lista de los tipos de vegetación y reservas forestales en las cuales existe el propósito de establecer nuevas Reservas Naturales Integrales.

Toda la responsabilidad del programa de conservación in situ recae en el Departamento de Investigaciones Forestales que trabaja en colaboración estrecha con los servicios forestales de cada uno de los 12 estados.

#### Conservación ex situ

Se recoge semilla de varias de las principales especies frondosas y aquéllas para las cuales se ha establecido una metodología de almacenamiento se conservan en cámara fría indefinidamente. Se suministran semillas de un cierto número de frondosas a los estados de la Federación y a otros países. Se ha elaborado un importante programa de investigaciones para determinar la biología y la silvicultura de dos de las principales especies frondosas, Triplochiton scleroxylon y Terminalia ivorensis. Este programa garantizará a la larga la perennidad de estas especies en plantaciones y su eventual domesticación. Estos programas se realizan bajo el patrocinio del Departamento Federal de Investigaciones Forestales, con asistencia financiera y técnica de organismos exteriores.

#### Programas de investigaciones de apoyo

El Departamento Federal de Investigaciones Forestales ha emprendido un programa de investigaciones y desarrollo de frondosas tropicales, centrado en las siete Reservas Naturales Integrales ya establecidas. El Departamento ha formulado propuestas para establecer más R.N.I. y un programa de investigaciones conexas para asegurar la conservación de los recursos genéticos actualmente sin proteger (Iyamabo y Adams 1974).

En el Departamento de Ordenación de Recursos Forestales de la Universidad de Ibadán se está realizando un programa de estudios genecológicos sobre frondosas tropicales, y se están preparando tablas dasométricas y mapas de distribución para las principales frondosas (Hall y Redhead 1974, Redhead 1971).

#### REFERENCIAS

- Ashton, P.S. Ecological studies in the mixed Dipterocarp forests of Brunei State. Oxford 1964 For. Memoirs Nº 25.
- Ashton, P.S. Speciation among tropical forest trees: some deductions in the light of recent evidence. Biol. J. Linn. Soc. 1: 155-196.
- Baker, H.G. Reproductive methods in speciation in flowering plants. Cold Spring Symp. 1969 Quant. Biol. 24: 177-191.
- Charter, J.R. Nigeria. In "Conservation of vegetation in Africa south of the Sahara" 1968 (Eds. I and O. Hedberg). Aeta Phytogeogr. Suec. 54: 91-94.
- Connell, J.H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rainforest trees. Proc. Adv. Study. Inst. Dynamics Numbers Papal. Oosterbeek.
- Hall, J.B. y Redhead, J.F. Nigerian high forest stand tables: Species distribution 1974 for sixty forest blocks. (Manuscrito inédito. Dept. of For. Res. Man. Univ. of Ibadán. Nigeria.)
- Hedberg, I y Hedberg, O. (Eds.) Conservation of vegetation in Africa south of the 1968 Sahara. Aeta Phytogeogr. Suec. 54.

- Iyamabo, D.E. y Ola-Adams, B.A. Conservation of natural vegetation in Nigeria (Manuscrito 1974 inédito. Fed. Dept. of For. Res. Nigeria).
- Jones, A.P.D. The natural forest inviolate plot. Nigerian For. Dept. 1948
- Koski, V. On effective population size in a really continuous forest. Proceedings of the 1974 joint meeting of IUFRO Working Parties on Population Genetics and Breeding Theory. Estocolmo.
- O.A.U. Report of the meeting on the draft African Convention for the Conservation of Nature 1968 and Natural Reserves. Addis Abeba.
- Osmaston, H.A. Pollen and seed dispersal in Chlorophora excelsa and other Moraceae 1965 and in Parkia filicoidea (Mimosaceae) with special reference to the role of the fruit bat Eidolon helvum. Commw. For. Rev. 44: 97-105.
- Poore, M.E.D. Integration in the plant community. Jour. Ecol. 52 (suppl.): 213-226. 1964
- Poore, M.E.D. Studies in the Malaysian rain forest. Jour. Ecol. 56: 143-196. 1968
- Ramírez, B.W. Host specificity of fig-wasps (Agaonidae). Evolution 24: 680-691. 1970
- Redhead, J.F. The timber resources of Nigeria. The Nigerian J. of For. 1: 7-11. 1971
- Richards, P.W. The tropical rain forest. Cambridge Univ. Press. 1952
- Richards, P.W. Speciation in the tropical rain forest and the concept of the niche. 1969 Biol. J. Linn. Soc. Londres. 1: 149-153.
- Richards, P.W. Some problems in nature conservation in the tropics. Bull. Jard. Bot. 1971 Nat. Belg. 41: 173-187.
- Shantz, H.L. An estimate of the shrinkage of Africa's tropical forests. Unasyuva 1948 2: 66-67.
- Schantz, H.L. Vegetational changes in Africa. Rep. No. 169 College of Agriculture. 1958 Univ. of Arizona.
- Stern, K. y Roche, L. The genetics of forest ecosystems. Ecological studies Nº 6. 1974 Springer-Verlag. Berlín.
- Unesco. Conservation of natural areas and the genetic material they contain. Report 1973 of Expert Panel on Project MAB: 8.

Cuadro 1: Superficie del patrimonio forestal reservado en Nigeria por tipos de vegetación y superficie de las Reservas Naturales Integrales

Zona de vegetación	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje en relación con la superficie territorial	Superficie de la reserva forestal (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje en relación con la superficie territorial	Número de la Reserva Natural Integral	Superficie total (ha)
Sahel	31 463	3	2 571	0,3	-	-
Sabana sudanesa	342 158	35	31 247	3,2	1	142
Sabana guineana (incluida la meseta de Bauchi)	400 168	40	38 271	3,9	1	170
Sabana derivada*	75 707	8	3 208	0,3	1	145
Bosque nigrofitico* de tierras bajas	95 372	10	19 986	2,0	4	620
Comunidades de pantanos de agua dulce	25 563	3	256	-	-	-
Manglares y vegetación costera	12 782	1	522	0,1	-	-
TOTAL	983 213	100	96 061	9,8	7	1 077

\*incluidos los bosques húmedos aislados semicaducifolios

\*\*incluye una pequeña proporción de bosque húmedo semicaducifolio

Cuadro 2: Especies de monte alto nigeriano: Las 30 especies más frecuentes (Hall y Redhead 1974)

<u>Orden</u>	<u>Especie</u>	<u>Pies por hectárea (de más de 60 cm de diámetro)</u>	<u>Orden</u>	<u>Especie</u>	<u>Pies por hectárea (de más de 60 cm de diámetro)</u>
1	<i>Strombosia pustulata</i>	6,65	16	<i>Pausinystalia Talbotii</i>	1,66
2	<i>Celtis zenkeri</i>	3,46	17	<i>Brachystegia</i> spp.	1,61
3	<i>Diospyros suaveolens</i>	3,29	18	<i>Pausinystalia macroceras</i>	1,53
4	<i>Scottellia coreacea</i>	3,11	19	<i>Combretodendron macrocarpum</i>	1,51
5	<i>Anonidium mannii</i>	2,72	20	<i>Hylodendron gabunense</i>	1,43
6	<i>Elaeis guineensis</i>	2,52	21	<i>Bosqueia angolensis</i>	1,43
7*	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	2,48	22	<i>Mansonia altissima</i>	1,16
8	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	2,47	23	<i>Alstonia boonei</i>	1,14
9	<i>Sterculia rhinopetala</i>	2,13	24	<i>Celtis mildbraedii</i>	1,11
10	<i>Cola gigantea</i>	2,03	25	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	1,09
11	<i>Celtis brownea</i>	2,00	26	<i>Strombosia grandifolia</i>	1,04
12	<i>Hunteria umbellata</i>	1,85	27	<i>Diospyros alboflavescens</i>	0,99
13	<i>Anthostema aubryanum</i>	1,83	28	<i>Xylopia quintasii</i>	0,99
14	<i>Uapaca</i> spp.	1,75	29	<i>Diospyros piscatoria</i>	0,96
15	<i>Terminalia superba</i>	1,71	30	<i>Berlinia</i> spp.	0,91

\* Actualmente es la única especie maderera de gran importancia económica (véase Redhead 1971)

Cuadro 3: Especies plantadas en estados del oeste y centro-oeste de Nigeria (Readhead 1971)

<u>Estado Occidental - hasta 1968</u>		<u>Estado Centro-Occidental - hasta 1969</u>	
<u>Especies</u>	<u>Superficie (acres)</u>	<u>Especies</u>	<u>Superficie (acres)</u>
<i>Cedrela odorata</i>	30	<i>Cedrela odorata</i>	187
<i>Gmelina arborea</i>	4 672	<i>Eucalyptus</i> spp.	25
<i>Entandrophragma utile</i>	20	<i>Gmelina arborea</i>	5 225
<i>Khaya ivorensis</i>	29	Meliaceae	1 645
<i>Lovoa trichilioides</i>	10	<i>Mitragyna ciliata</i>	16
<i>Mansonia altissima</i>	20	<i>Nauclea diderrichii</i>	5 601
<i>Nauclea diderrichii</i>	533	<i>Tectona grandis</i>	4 987
<i>Tectona grandis</i>	12 919	<i>Terminalia ivorensis</i>	5 903
<i>Terminalia ivorensis</i>	966	<i>Terminalia</i> spp.	1 638
<i>Triplochiton scleroxylon</i>	293	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	809
	<hr/>	Otras	3
	19 492	<u>En masa mixta</u>	
		<i>Nauclea/Meliaceae</i>	14 269
		<i>Nauclea/Mel/Term.</i>	2 401
		<i>Nauclea/Triplochiton</i>	30
		Varias	996
			<hr/>
			43 735

Cuadro 4: Situación, dimensiones y composición de una SNR en Nigeria

RESERVA NATURAL INTEGRAL Nº 2

RESERVA FORESTAL: AKURE

1. ZONA ECOLOGICA: Bosque higrofitico de tierras bajas semicaducifolio.
2. SITUACION: Norte de Akure, a 2,2 km antes de la serrería piloto (7 - 7,5°N, 5 - 5,5°E) Estado del Oeste.
3. SUPERFICIE: 32 hectáreas
4. ALTITUD: 250 m.
5. SUELO Y ROCA MADRE: En conjunto la zona recubre rocas cristalinas, principalmente gneisses, de composición mineral muy variable, mientras que los inselbergs son ya de granito o de gneiss granitoide puro, rico en cuarzo.
6. TOPOGRAFIA: La parcela suficientemente plana está atravesada por un pequeño valle de arroyo que se extiende más o menos de norte a sur. Topográficamente, ocupa un lugar elevado salvo los bordes del valle coluvial.
7. PRECIPITACION: La precipitación media anual es de 1 500 mm.
8. FACTORES BIOTICOS: Se encuentran corrientemente cerdos salvajes, antílopes y cefalopos gigantes. De vez en cuando, los cazadores tienden trampas a lo largo de los lindes de la parcela.
9. HISTORIAL: Es poco lo que se sabe del historial de la zona. Se han descubierto en varios lugares de la reserva forestal de Akure artefactos; incluidas esculturas, figuritas y fragmentos de cerámica doméstica; especialmente durante los trabajos de excavación en los terrenos que ocupa la serrería y la construcción de carreteras de acceso a esta última.

Se han encontrado fragmentos de cerámica en una de las cavidades del suelo de la propia parcela y todos los perfiles edáficos indican antiguas explotaciones agrícolas. Esto, junto con la gran densidad por acre de pies dominantes y de grandes especies de piso superior por acre, indicaría que la zona formaba parte en épocas no muy lejanas, probablemente 150 - 200 años, de un mosaico de explotaciones agrícolas.

10. VEGETACION: Alrededor del 70 por ciento de la zona se halla cubierta por bosque alto y el 30 por ciento está formada de claros, rompevientos y masas discontinuas de diversas densidades. Los dominantes, 160 en total, pertenecen a 20 especies que consisten principalmente en: Triplochiton scleroxylon, Klainedoxa gabonensis, Terminalia superba, Entandrophragma utile, E. angolense, Alstonia congensis, Khaya grandifoliola, Cylicodiscus gabonensis, Piptadeniastrum africanum y Amphimas pterocarpoides.

Estos dominantes crecen tanto en bosque alto como en las partes despejadas que se derivan.

En los bosques de monte alto existen muchos árboles grandes de piso intermedio, 1 000 en total (pertenecen a 32 especies), principalmente: Hexalobus crispiflorus, Stombosia pustulata, Sterculia rhinopetala, Cola gigantea, Scottellia coriacea, Nesogordonia papaverifera, Celtis mildbraedii, Diospyros piscatoria, Pterygota macrocarpa y Chrysophyllum delevoiyi.

El subpiso está bastante bien desarrollado. Existen 1 105 árboles pertenecientes a 30 especies, principalmente: Ammonidium manni, Anthonotha macrophylla, Lychnodiscus reticulatus, Hunteria umbellata, Diospyros dendo, Fagara macrophylla, Trichilia heudelotii y Desplatzia subericarpa.

Circunscritos a los márgenes de los calveros y lugares abiertos se encuentran en ocasiones brinzales de 2 - 5 pies de altura de: Mansonia altissima, Nesogordonia papaverifera, Celtis mildbraedii, Entandrophragma utile, Cola lateritia y Sterculia rhinopetala. Bajo el bosque despejado y el monte alto, la tierra se halla recubierta de una capa de hierba bastante densa (Jones 1948).

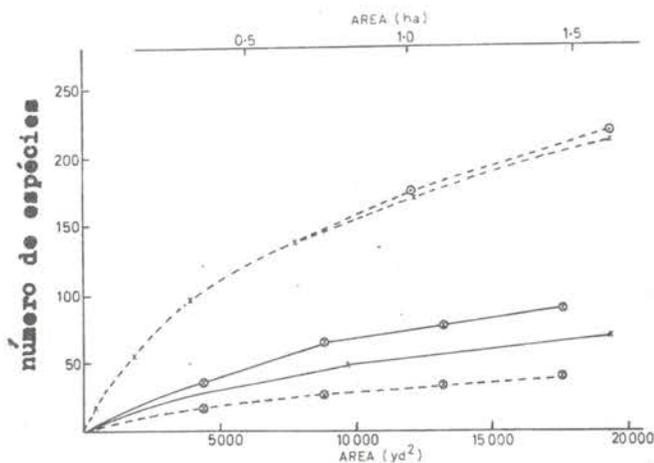


Fig. 1: Curvas especies/superficie obtenidas en el bosque higrofitico tropical. a) Arboles de más de 10 cm de diámetro en masa mixta, Guayana Británica (⊙—⊙); b) Arboles de más de 30 cm de diámetro en masa mixta, Guayana Británica (⊖—⊖); c) Arboles de más de 10 cm de diámetro, Bukit Lagong, Malaya (○—○); d) Arboles de más de 10 cm de diámetro, Sungei Menyala, Malaya (x—x); e) Arboles de más de 28 cm de diámetro, Sungei Menyala, Malaya (x—x): a) y b) tomados de Richards (1952); c), d) y e) tomado de las cifras (inéditas) de Wyatt-Smith (Poore 1974).

EUCALIPTOS

por

L.D. PRYOR

Departamento de Botánica, Universidad Nacional de Australia, Canberra

INTRODUCCION

Los eucaliptos se circunscriben a Australia, salvo una especie que crece en Timor y las islas Indonésicas vecinas y otra que crece en Papúa, Nueva Guinea; las islas Célebes y Mindanao. Una media docena de especies que, por otra parte crecen en Papúa, crecen también en el norte de Australia y se parecen mucho en ambos habitats. A pesar de que las dos especies que son indígenas fuera de Australia pero no en Australia, tengan una importancia especial, las muchas especies del género Eucalyptus que crecen casi exclusivamente en Australia ofrecen también un enorme interés para la silvicultura. Algunas de ellas crecen muy esparcidas y otras tienen una distribución geográfica muy limitada (Blakely 1965, Forestry y Timber Bureau 1953, Pryor y Johnson 1971). En las especies de amplia distribución existe en general una gran diversidad debida a su presencia en diferentes lugares del país.

Desde la colonización europea, se han producido grandes cambios en la vegetación australiana y muchas de las poblaciones de eucaliptos han mermado mucho, aunque no es probable que se haya perdido ninguna especie o procedencia importante. En cambio, con la rápida evolución del aprovechamiento de la tierra, se dan casos en los cuales, a menos de que se tomen medidas positivas para conservar algunos de los genotipos, existe el peligro de que se pierdan. Muchas especies son, como es lógico, árboles pequeños como los "mallees", que tienen importancia para la conservación de suelo y como plantas de adorno más bien que como especies forestales. Otros forman extensos montes abiertos, muchos de los cuales sólo tienen una importancia marginal en la silvicultura para la producción de madera. La conservación de estas especies no está garantizada en modo alguno y en algunas de las especies de monte abierto se han producido reducciones importantes de las poblaciones, ya que es en estas zonas donde se concentran los cultivos alimenticios, bien sea como cultivo directo, como sucede con el trigo, o bien como producción de pastos para los ovinos y bovinos pastantes. En cambio, las especies que son las principales productoras de madera se hallan ampliamente representadas en los Bosques del Estado, ya que en Australia la mayoría de los bosques productores de madera forman parte del Patronato del Estado, el cual en cada caso se halla sujeto a la ordenación de un Servicio Forestal de Estado. Para estas especies no se impone ninguna medida específica de conservación.

1. EUCALYPTUS "UROPHYLLA" (PAU PRETO)

Este árbol no se encuentra en Australia, pero crece en masas naturales en una zona bastante extensa de suelos no calcáreos de la parte portuguesa de la isla de Timor. También crece, aunque menos profusamente, en la parte indonésica de la isla y en otras islas indonésicas. Se informa que las masas de Solor habían desaparecido por completo, pero que quedan aún en las islas de Flores, Wetar y Alor. Los datos disponibles acerca de esta especie en las citadas islas son más bien vagos y lo primero que hay que hacer, en lo que se refiere a la conservación, sería evaluar, en una visita de exploración, la situación actual de las masas, proceder a la recolección de semilla para los ensayos de procedencias y emprender una evaluación del estado de conservación de la especie en cada una de las islas, como requisito previo para indicar el método más adecuado de conservación. Los eucaliptos del Timor portugués tienen importancia particular porque se trata de la población más extensa. Crecen

en una amplia variedad de habitats, desde una altitud de unos 500 metros, en las vecindades de Dili, hasta la cumbre de la montaña más alta del país, el monte Tatamalau, de unos 3 000 metros de altitud. Se trata, por consiguiente, de la gama altitudinal más extensa cubierta por una sola especie de eucalipto. *E. "urophylla"* es una especie que tiene una gran importancia potencial para la silvicultura tropical. Los pequeños ensayos realizados en los últimos años indican que se presta particularmente para las plantaciones productoras de madera industrial y otros productos madereros en zonas tropicales de precipitación entre moderada a elevada. En Brasil, existen unas cuantas plantaciones de ensayo, pequeñas pero especialmente prometedoras de esta especie a los 23° de latitud S y a una altitud de 1 000 m, a 17° de latitud S y a 100 m de altitud (Pryor 1971).

También es evidente que se trata de una de las relativamente pocas especies de eucaliptos que puede extenderse en forma de plantación a poca altitud en las latitudes bajas de los trópicos, aunque todavía no se ha aclarado cuáles son los límites exactos en los cuales puede introducirse con éxito. *E. "urophylla"* es una especie que presenta una amplia variación de procedencias. En el Timor portugués en casi toda su área de distribución es el único eucalipto presente; si bien en la zona más baja hasta 1 000 m de altitud existe un cierto mosaico de masas de esta especie y de *E. alba*. Los híbridos de estas dos especies son raros. En conjunto, *E. "urophylla"* es el sólo eucalipto presente en todos los relieves topográficos y en toda la gama altitudinal. Esta situación es inusitada, tratándose de eucaliptos ya que cuando crecen más especies en vez del único par de ellos que se encuentra en Timor, diferencias similares de altitud y exposición darán estaciones que ocupen una importante variedad de especies. De 10 a 12 especies son corrientes en Australia. Desde el punto de vista biológico, parece que la ocupación de la zona de eucaliptos de Timor, principalmente por *E. "urophylla"*, es el resultado de la existencia en la isla de un limitado fondo de genes. Es decir, que sólo ha habido dos especies de eucaliptos en la zona, y de ellas únicamente una ha ocupado la mayoría de los lugares. Como resultado, existen amplias diferencias en las poblaciones de las distintas localidades, como cabía de esperarse. La evaluación de la constitución genética cultivando los brinzales recogidos de las diferentes masas, demuestra que existen entre ellos diferencias muy heredables. Efectivamente, el nivel de diferenciación entre las formas más extremas se acerca al característico de las subespecies en otras situaciones. Pero, si se quisiese obtener subespecies partiendo exclusivamente de las diversas formas que se pueden identificar fácilmente habría muchas y serían además difíciles de separar, dado que hay masas que poseen caracteres intermedios.

En general, se distinguen tres tipos de habitat en Timor. En primer lugar, las laderas escarpadas de la costa septentrional, especialmente al sur de Dili donde se extienden desde aproximadamente 500 m de altitud a 2 000 m de altitud y, en gran parte, se encuentran en un verdadero cinturón de niebla. Esto repercute directamente en el carácter de la masa y se manifiesta en la constitución genética de la población. En segundo lugar, existe una zona montana de altitud intermedia que se extiende aproximadamente desde Aileu hasta Hato Bulico y que abarca las zonas situadas al este y al oeste de esta línea, y, en tercer lugar, una zona subalpina desde Hato Bulico a unos 2 000 m de altitud hasta la cumbre del monte Tatamalau a 3 000 m.

De los estudios efectuados con los descendientes procedentes de una polinización libre se ha demostrado claramente que los árboles situados en el cinturón de niebla están mejor adaptados a los trópicos húmedos de tierras bajas que los árboles procedentes de otras partes y que son de crecimiento rápido y de bastante buena forma cuando se los planta en estaciones de poca altitud y a baja latitud en los trópicos entre relativamente húmedos a húmedos. En la zona montana intermedia se encuentran los árboles de mejor forma, y esto se reproduce en las plantaciones cultivadas a partir de ellos. Las estaciones de esta zona suelen sufrir sequías entre los monzones e indudablemente esto se reflejará en la fisiología del material que allí se tome. A altitudes superiores a 2 000 m el porte de los árboles disminuye; las características de la corteza varían y se observan diferencias en la morfología de las hojas y de los frutos, sin que se produzca, sin embargo, una distinción tajante. Se observa más bien una gradación morfológica general en función de la altitud. No obstante, queda un elevado nivel de variación en cada una de estas

estaciones, que demuestra que el aislamiento genético es incompleto entre las diferentes masas y que la adaptación de las masas naturales a cada una de estas estaciones no es perfecta. En la cima del monte Tatamalau los árboles son simples arbustos de dos a tres metros de altura que se quemán de vez en cuando. Incluso si se excluyeran los incendios, no es fácil que excedieran nunca de cuatro o cinco metros de altura.

No hay ni que decir que todas las poblaciones tienen un considerable valor silvícola y son inapreciables para la gente de Timor. Allí, como en otras partes del mundo, la presión demográfica se traduce fatalmente en un desbosque cada vez más intenso de las tierras forestales para convertirlas primero, en un cultivo de transición como la papa y, luego, en tierras de pastos. Ultimamente pueden verse muchos árboles anillados en las vecindades de Hato Builico. En zonas bastante extensas, también las masas que ahora existen se regeneran en bosquetes como resultado de pasadas operaciones similares. Debido al nivel de desarrollo económico del Timor portugués, a una aplicación más rigurosa de las leyes en lo que respecta a la conservación del bosque, y a los medios de ordenación, las masas que sobreviven, aunque todavía bastante extensas, en su mayor parte se han modificado mucho y se encuentran en precaria situación. No se puede pretender que la especie, en conjunto, se halle amenazada de extinción, pero algunas de sus procedencias son tan limitadas que corren el peligro de quedar casi eliminadas, sino enteramente, por el lento agotamiento que sufren durante la vida habitual en el país.

Estas procedencias pueden ser víctimas de una catástrofe, como la que representaría una excesiva recogida de semilla con el fin, puramente económico, de establecer en otros países grandes plantaciones de una determinada procedencia de la especie. Aunque con una operación bien planeada se puede conseguir, sin causar daños duraderos, una suficiente recolección de semillas mediante el desrame exclusivamente; la tentación de apearse los árboles será siempre grande y si esto se hace legal o ilegalmente, será mayor la probabilidad de que aumenten los daños en algunas localidades. Esto es la consecuencia de la necesidad de leña que siente la población. Hoy día, ciertas zonas pobladas de procedencias particulares de E. "urophylla" se prestan para el cultivo agrícola y el deseo de utilizarlas a este objeto puede comprometer toda medida de protección.

Cualquier programa de conservación de esta especie debe comprender, como primera medida, un inventario detallado seguido de un ensayo de procedencias, de forma que las masas que representen procedencias de particular valor puedan reservarse y protegerse en el mismo Timor, en la medida en que esto sea posible dentro del contexto social del país. Puede afirmarse que esta puesta en reserva ya se ha hecho en la actual legislación de Timor, pero la vigilancia y protección de las masas, que forma parte vital de todo sistema eficaz, son difíciles de aplicar ya que, actualmente, los recursos financieros y de otro tipo son insuficientes. En segundo lugar, adquiere importancia vital la creación, fuera de Timor, de rodales de producción de semillas de procedencias seleccionadas. En estas zonas los rodales deben tener su identidad registrada y estar debidamente aislados, desde el punto de vista de la reproducción, para garantizar su integridad genética. Si, por último, es necesario fomentar una recogida rigurosamente controlada de semillas destinadas a los ensayos de procedencias y a la conservación ex situ convendría, por el momento, prohibir en la isla Timor toda recogida masiva destinada a establecer plantaciones industriales.

En el apéndice de la pág. 88 se da una estimación provisional de los costos de conservación de E. "urophylla".

## 2. EUCALYPTUS CAMALDULENSIS

Esta especie es quizás el eucalipto que más se planta en el mundo; también es la especie más difundida en el habitat natural australiano. Se la encuentra en todos los estados de Australia, con excepción de Tasmania, desde la costa meridional en Victoria y Australia del Sur, hasta casi la costa septentrional en Queenslandia, Australia occidental, y cerca de Darwin. Hay una zona muy característica donde crece E. camaldulensis que es la que bordea las corrientes de agua efímera y arenosa de las cuencas de captación del interior de Australia, que sólo llevan agua a intervalos muy espaciados, cuando

las condiciones estacionales producen lluvias copiosas. La intensidad del aprovechamiento de la tierra en todo el habitat de E. camaldulensis es ligera y no se pronostican cambios capaces de afectar en forma importante la sobrevivencia de E. camaldulensis en las extensas zonas donde crece. También esta especie crece en masas declaradas de bosques del Estado, lo que garantiza su sobrevivencia.

Al igual que ocurre con otras especies muy difundidas, en las diversas partes de su habitat se observan diferencias evidentes en cuanto a la constitución genética de la especie (Karschon 1967, Pryor y Byrne 1969, Turnbull 1973). En el sentido más amplio, habría una subespecie septentrional y una subespecie meridional que se reúnen a aproximadamente 26° de latitud S. Lo mismo que sucede con E. "urophylla"; dentro de cada uno de estos dos grupos principales existen muchas variantes desde el punto de vista genético. Una de las características especialmente interesante de esta especie es su tolerancia a los suelos calcáreos. Esta tolerancia es relativamente ligera y la mayoría de las masas naturales no crecen en suelos de pH elevado. Sin embargo, aquí y allá se encuentran pequeños rodales de E. camaldulensis, como sucede en las vecindades de Port Lincoln en Australia del Sur, en las zonas masivas de calcáreo del Mioceno. En estos casos, es probable que la población se haya adaptado, en cierta medida, a las condiciones calcáreas y hay algunas pruebas de adaptación fisiológica. Las masas especiales de este tipo pueden ser de propiedad privada o tratarse de tierras bajo control de las autoridades locales y, en este caso, no existe la seguridad de que el propietario seguirá reservándolas. Esto dependerá, con frecuencia, de las presiones económicas locales y no hay la menor garantía de continuidad de preservación en tales condiciones.

Para conocer la existencia de masas de este tipo, o de otras masas adaptadas a tipos diferentes pero especiales en cuanto a la clase de estación, harán falta más reconocimientos de los efectuados hasta ahora, para poder así identificar las estaciones particulares de importancia especial. El mejor medio para conservarlas luego sería tomar las medidas necesarias para poner en reserva las zonas apropiadas que dependen de una autoridad gubernamental, lo que permitiría aplicar un programa de ordenación patrocinado por el Gobierno y tendente a conservar el recurso. En muchos casos esto significa simplemente asegurarse de que no se efectuarán desbosques en el futuro y que se reconoce al lugar en cuestión como una estación destinada a la conservación de los recursos genéticos con vistas a la recogida ocasional de las semillas que hagan falta. Podría bastar preservarla como Parque Nacional en el cual se podrían recoger semillas ateniéndose a condiciones prescritas. La necesidad de la conservación radica principalmente en la importancia que tiene la especie para su empleo como exótica fuera de Australia.

### 3. EUCALYPTUS PARVIFOLIA

En lo que respecta a esta especie, la situación es diferente que para las anteriores. Se trata de un árbol pequeño de copa redondeada, con forma más propia de bosque abierto que de bosque cerrado. Rara vez excede 10 m de altura. Se ha visto, como resultado de las plantaciones para fajas de protección realizadas principalmente en el Reino Unido, que era una de las pocas especies capaces de sobrevivir a temperaturas bajas de las latitudes más altas, con un clima de tipo atlántico característico de las estaciones del oeste de Gran Bretaña, en las cuales se ha plantado. Tiene una capacidad fisiológica inusitada para resistir a las temperaturas bajas y esta capacidad puede transmitirse a los híbridos para producir árboles resistentes al frío con el fin de extender el área de plantación de Eucalyptus para la producción maderera y otros aprovechamientos en latitudes más altas de las que ahora son posibles en el hemisferio septentrional. Esta posibilidad ha despertado atención y es la calidad del recurso genético la que le da valor.

E. parvifolia vive en grupos dispersos de árboles en una zona muy limitada del sudeste de Nueva Gales del Sur que se extiende a menos de 100 km en dirección Norte-Sur en una faja estrecha de uno o dos kilómetros de anchura sobre la escarpa litoral. La mayoría de las masas se encuentran en tierras de propiedad privada en lotes de 500 a 1 000 ha dedicadas al pastoreo de bovinos y ovinos. En dichas propiedades se han efectuado algunos desbosques en otros tiempos para desarrollar pastos bastos o incluso para mejorar marcadamente los pastos. Como resultado, muchos de estos árboles se han perdido ya. No quedan ya probablemente más que unos cuantos centenares de individuos que a veces crecen en los bordes de terrenos pantanosos. Dado el actual aprovechamiento de la tierra no es fácil que se apeen, pero la presión que hoy día se ejerce para el saneamiento de los terrenos con vistas a aumentar la producción, si implicara drenaje, podría ocasionar la eliminación de las partes principales de la población restante. No se ha publicado ningún trabajo que permita conocer la distribución completa de la especie y probablemente para ello habrá que proceder a un reconocimiento. Tal reconocimiento puede revelar que todavía existen pequeñas masas en los bosques del Estado pero, de no ser así, se puede lograr la conservación de la especie en su hábitat natural adquiriendo una finca de pastoreo, actualmente de propiedad privada, e incluyéndola en el Patrimonio Forestal del Estado bajo el control del gobierno de Nueva Gales del Sur. Un inventario podría revelar que existen dos o tres propiedades merecedoras de ser compradas e incorporadas al patrimonio del Estado, especialmente para tener una cierta garantía contra las pérdidas producidas por las tormentas o los incendios debidos a la dispersión resultante del recurso así como incluir algunas masas separadas que podrían aumentar la gama de diversidad genética conservada de esta forma, incluso a pesar de que en esta fase no se ha realizado evaluación alguna para indicar si existe variación genética importante o no. La conservación de la especie podría ser el objetivo principal de la ordenación de estas tierras y su sobrevivencia podría de esta forma asegurarse.

E. parvifolia no es ciertamente un caso único a este respecto y se encuentra en situación análoga a la de varios otros eucaliptos del sudeste de Australia que sólo tienen relativamente poca importancia en su hábitat natural, pero que, debido a su constitución genética, podrían tener gran valor en el futuro como elementos de selección y de reproducción y que, por consiguiente, merecen conservarse como recursos genéticos. Esto ocurre, por ejemplo, con E. neglecta en el estado de Victoria y E. morrisbyi en Tasmania, situación que se repite en cada estado australiano. Para que sea eficaz, la conservación de las masas naturales exige en general medios financieros para indemnizar al propietario de las tierras que pasan a los poderes públicos, así como la adopción de una política de ordenación de las masas, adecuada para la conservación de la especie y, cuando después se proyecte utilizar el recurso genético de la especie, la zona donde se habrá conservado podrá surtir la pequeña cantidad de semillas necesarias para establecer un rodal productor de semillas para un empleo extensivo fuera de Australia.

#### REFERENCIAS

- Blakely, W.F. A Key to the Eucalypts (Third Edition). Forestry and Timber Bureau. 1965 Canberra.
- Forestry and Timber Bureau. The Natural Occurrence of the Eucalypts. Canberra. 1953
- Karschon, R. Ecotypic Variation in Eucalyptus camaldulensis Dehn. Contributions on 1967 Eucalypts in Israel, III.
- Pryor, L.D. y Johnson, L.A.S. A Classification of the Eucalypts. ANU Press. Canberra. 1971
- Pryor, L.D. y Byrne, O.R. Variation and Taxonomy of Eucalyptus camaldulensis. Silvaea 1969 Genetica. 18(3): 64-71.

Pryor, L.D. The Cultivation of Eucalypts in Brazil. IPEF 2/3: 53-9. (Forestry Abstract 34 1971 (2) p.79. 1973).

Turnbull, J.W. Ecología y variación de Eucalyptus camaldulensis. En Información sobre Recursos Genéticos Forestales. N° 2. FAO. Roma. 1973

APENDICE

PROYECTO DE PRESUPUESTO PARA LA CONSERVACION DE E. "UROPHYLLA"

Dólares EE.UU.

FASE I

Inventario en Timor e Indonesia

Evaluación biológica y recogida de semillas

1 forestal (especialista) 6 meses 18 000

1 ayudante de campo

Evaluación administrativa

Desarrollo de los planes in situ en Timor  
(un locutor portugués con experiencia jurídica  
y forestal)

3 meses 6 000

FASE II

Programa similar en las islas indonésicas para  
la evaluación administrativa

3 meses 6 000

FASE III

Conservación ex situ

100 ha de plantación con fajas de aislamiento  
de E. citriodora

50 000

Un país huésped donde se practique una silvicultura bien desarrollada en bosque higrofitico de tierras bajas en un país tropical apropiado como, por ejemplo, Malasia, Nueva Guinea o Brasil, o tal vez dos países.

Australia no es factible porque los brinzales preliminares de material obtenido de Timor manifestaron ser muy susceptibles al ataque de los insectos que infestan los Eucalyptus de las regiones vecinas.

Estas operaciones podrían efectuarse de acuerdo con un explotador forestal y con la supervisión técnica de un forestal convenientemente remunerado. Para 100 ha, los trabajos de este tipo exigen los servicios a media dedicación de un especialista en investigación forestal; los gastos serían de unos 7 000 dólares EE.UU. al año.

## RODALES PARA LA CONSERVACION EX SITU EN LOS TROPICOS

por

P. GULDAGER

Departamento de Genética, Real Universidad de Veterinaria y Agronomía, Copenhague

### INTRODUCCION

Desde hace algunos años se ha comprendido que la conservación de los recursos genéticos forestales es una tarea urgente e importante, desde dos puntos de vista:

- 1) Es indispensable disponer de semillas de especies y procedencias exóticas prometedoras para poner en práctica los programas de mejora y de plantación.
- 2) El potencial genético de muchas especies se halla en peligro de erosión como consecuencia de la creciente explotación de los recursos naturales.

En este trabajo, nos esforzamos de determinar brevemente los factores que hay que tomar en cuenta cuando se elaboran proyectos de conservación ex situ, así como para la eventual utilización de los planes establecidos. Se menciona como ejemplo una región apropiada para establecer rodales de conservación, a saber, la zona sabanera de Nigeria.

### NECESIDAD DE ESTABLECER RODALES DE CONSERVACION EX SITU EN LOS TROPICOS

Necesidad de asegurar la producción de semillas de especies y procedencias prometedoras como especies exóticas para la plantación forestal en los trópicos.

El ritmo de la instalación de plantaciones forestales tropicales ha aumentado rápidamente en los últimos dos decenios, lo que tiene gran importancia para la economía de los países en desarrollo y para el suministro global de madera a largo plazo. En la mayoría de los casos, la elección de especies y procedencias se ha basado en pequeños ensayos de especies y procedencias o en plantaciones piloto que sólo representan pequeñas fracciones de la variación genética total disponible. No obstante, se ha registrado una sorprendente coincidencia en la elección de especies para el establecimiento de plantaciones en toda la faja tropical. Especies tales como: Pinus caribaea, P. oocarpa, P. kesiya, P. patula, Eucalyptus grandis, E. tereticornis, Tectona grandis y Gmelina arborea se hallan ampliamente distribuidas, y con éxito, en las plantaciones tropicales.

Reconociendo la base genética relativamente restringida utilizada para elegir las procedencias que se han establecido con éxito, se ha desplegado una actividad considerable en el plano nacional, y particularmente en el internacional, para ampliar dicha base. Se han realizado, con buenos resultados, proyectos de recogida de semilla y establecimientos de ensayos de procedencias de elevada calidad internacional. Actualmente en todo el cinturón tropical se han establecido, en ensayos repetidos, varios centenares de procedencias y se han empezado a recoger datos e información sobre estas procedencias. Se ha observado diferencias muy claras entre procedencias; por ejemplo, en un ensayo de procedencias de E. camaldulensis establecido en la zona sabanera de Nigeria, las mejores procedencias han producido tres veces más (en volumen) que las peores (a los 4 años de edad). Pero únicamente para un número muy limitado de procedencias se ha podido obtener semillas para el establecimiento de plantaciones y el mejoramiento genético de las especies.

Si se quiere utilizar el potencial económico de las procedencias que se han demostrado genéticamente superiores en los ensayos, la consecuencia lógica y necesaria de los ensayos internacionales de procedencias es una acción internacional con vistas a garantizar el suministro de semillas de las procedencias prometedoras. El medio más seguro y más eficaz de asegurar el abastecimiento a largo plazo de semillas suele ser el establecimiento de rodales de conservación ex situ en los países donde los programas de plantación sean más activos.

#### Necesidad universal de conservar los genes y los fondos de genes en peligro de extinción

Además de la urgente y bien definida necesidad de conservar las procedencias promotoras de buen resultado en los trópicos, hay que tomar en cuenta la necesidad universal de conservar los genes y los fondos de genes en peligro. A este efecto, la conservación ex situ puede ser pertinente en aquellos casos en que la conservación in situ de los ecosistemas resulta impracticable.

#### ESTRATEGIA DE LA CONSERVACION EX SITU: CONSIDERACIONES GENETICAS FUNDAMENTALES

Seguidamente ofrecemos cuatro opciones de objetivos para la conservación ex situ de una población (procedencia):

A. Establecer y mantener rodales de conservación caracterizados, en la medida de lo posible, por las mismas frecuencias genotípicas de la población original (procedencia); conservación estática (genotipos).

B. Establecer y mantener rodales de conservación caracterizados, en la medida de lo posible, por las mismas frecuencias de genes de la población original (evitando con ello la pérdida total de cualquier alelo); conservación estática (fondo de genes).

C. Establecer rodales de conservación en los cuales las frecuencias de genes puedan cambiar libremente en virtud de fuerzas selectivas naturales - conservación evolutiva.

D. Establecer rodales de conservación, en los cuales el hombre modifica deliberadamente las frecuencias de genes con vistas a conservar características importantes para la economía de la plantación en una región y, al mismo tiempo, eliminar las características indeseables - conservación selectiva.

Objetivo A: Este objetivo expresa "el grado de conservación más elevado" y es realizable en teoría por medio de la propagación vegetativa de clones individuales. Es el método que normalmente se emplea para la multiplicación en los géneros Populus, Salix y Cryptomeria, y en Nigeria ha permitido lograr resultados prometedores con Triplochiton. No obstante, para muchas especies tropicales, los problemas técnicos y de cuarentena, probablemente harán que la multiplicación por semilla sea el método más factible. La realización del objetivo B implicaría que ninguna información genética se habría perdido y que todo genotipo que se encontrase en la población original podría reproducirse en principio, incluso a pesar de que la frecuencia genotípica en las masas ex situ de primera generación podría ser diferente de la registrada en la población original. La transferencia de genes, por medio de la semilla, de la población original a los rodales de conservación tiende más bien a realizar el objetivo B que el objetivo A, pero, en la práctica es verosímil que se produzca un notable cambio en las frecuencias de genes provocado por factores incontrolables, como los que se describen seguidamente bajo el título "Mantenimiento de la integridad genética..."

La acción conforme al objetivo C implica la creación de plataformas artificiales para inducir una "evolución natural nueva".

Objetivo D: En realidad se trata de una "evolución dependiente de la voluntad del hombre" que es la expresión empleada por Vavilov para designar el mejoramiento genético de las plantas. La conservación de los genes y de los complejos de genes que regulan los caracteres valiosos desde el punto de vista económico, es de capital importancia para los programas de mejora genética y de plantación, como ya se ha indicado anteriormente. Los problemas generales que plantea la conservación selectiva son:

- a) La definición de los caracteres de importancia económica puede cambiar con el tiempo. Caracteres tales como la rectitud del fuste; gran producción en volumen; pequeño diámetro de las ramas; adaptabilidad general al medio ambiente; y, resistencia a las enfermedades, probablemente serán importantes en el futuro ya que no es fácil que los árboles de crecimiento lento y fuste retorcido tengan el menor interés. A pesar de ello, la evaluación comparativa de estas propiedades puede cambiar y que se exijan para estos trabajos propiedades genéticas hasta ahora sin estudiar (resistencia a nuevas enfermedades, propiedades de la madera). Mientras se mantenga una razonable variación genética general, y los caracteres que se deseen en el futuro no guarden una fuerte correlación con los caracteres actualmente indeseables, será posible mantener el potencial para la mejora genética futura.
- b) Una fuerte interacción genotipo/medio ambiente es susceptible de provocar una desastrosa reducción del potencial genético cuando se instalen las futuras plantaciones en medios diferentes de aquél en el que crece el rodal de conservación. En el caso de que la única conservación que se practique sea la conservación selectiva, será indispensable proceder a repeticiones de los rodales en los diferentes ambientes donde posiblemente se establezcan plantaciones.

Para la conservación selectiva, la demanda inmediata de las semillas que hacen falta para los trabajos de mejoramiento y el establecimiento de plantaciones, puede satisfacerse en gran medida. A la larga, los métodos de conservación selectiva tropezarán con problemas iguales (mantenimiento de la variación genética, el evitar la consanguinidad) a los que se tropieza en la planificación de programas de mejoramiento a largo plazo.

#### MANTENIMIENTO DE LA INTEGRIDAD GENETICA EN LA CONSERVACION EX SITU

Son muchos los problemas prácticos que se plantean cuando se trata de realizar los diversos objetivos de la conservación. En este contexto los problemas prácticos fundamentales se refieren a tres etapas principales de la operación de conservación, a saber:

- 1) El muestreo de los genotipos (semillas) en la población original;
- 2) La sobrevivencia y el crecimiento de los genotipos tomados - ex situ;
- 3) El cruzamiento entre los genotipos tomados - ex situ.

#### Muestreo de los genotipos en la población original (procedencia)

Es natural prever que los planes iniciales de conservación relativos a las especies tropicales se basen en recogidas internacionales de procedencias (semillas) como las que efectúan los centros internacionales de semillas. En resumen, el método normal de muestreo de coníferas consiste en recoger de unos 15-25 árboles no sumergidos, elegidos al azar en una masa, de 10 a 50 litros de conos. Las zonas de recogida pueden elegirse en diversas maneras; (por ejemplo, por el sistema reticular, paralelamente a los gradientes del medio ambiente tales como altitud, precipitación, etc.) todas ellas con vistas a tomar muestras de diversidad genética conocida o presumida.

Si bien los métodos normales de recogida internacional que se han utilizado en el último decenio son muy satisfactorios desde el punto de vista de la silvicultura aplicada, todo error de muestreo podría, en lo que se refiere a la genética de una población tener gran importancia:

- 1) La zona de recogida puede que no sea representativa de la población (subpoblación) en que se encuentra.
- 2) Un número muy reducido de árboles muestreados por masa origina grandes errores de muestreo. Por ejemplo, si, entre un millón de árboles semilleros, 500 solamente poseen un determinado gene, la probabilidad de que este gene se incluya en la muestra sólo será de 1 por ciento cuando se recojan las semillas de 20 árboles escogidos al azar.
- 3) La recogida sólo puede hacerse de genotipos fructíferos.
- 4) El porcentaje de semi-fratrías dentro de un lote de semillas recogido de 20 árboles será, por lo menos, 5 por ciento, y también habrá un pequeño porcentaje de fratrías.

Los planes de recogida pueden organizarse concretamente para que se adapten a los programas de conservación. A pesar de ello, cabe prever considerables errores de muestreo. (En el ejemplo anterior, la probabilidad de recoger el gene mencionado aumenta de 1 a 5 por ciento cuando las semillas se recogen de 100 árboles en vez que de 20). Las frecuencias del gene en la muestra de semillas pueden, por consiguiente, ser muy diferentes a su frecuencia en la población original.

En la fase actual, en la cual ningún gene se ha definido por completo en las especies de las plantaciones tropicales en cuestión y en la que toda la información referente a los genotipos sólo se obtiene de las observaciones realizadas en plantaciones efectuadas en ambientes situados fuera del área de distribución natural, hay muy pocas posibilidades de controlar debidamente el método inicial de muestreo. Habrá, pues, que tomar en cuenta cuando se estudien las etapas sucesivas de un plan de conservación, la posibilidad de un número relativamente elevado de errores de muestreo. No sería oportuno consagrar demasiados esfuerzos y dinero a mantener frecuencias de genes en los rodales de conservación cuando las frecuencias de genes ya han quedado considerablemente modificadas en la fase inicial del muestreo. En cambio, se puede afirmar que la variación genética tiene de por sí importancia y que se deben tomar todas las precauciones posibles para mantener la frecuencia de genes de la muestra de semillas. Entre otros factores que pueden influir en la frecuencia de genes figuran: un almacenamiento prolongado y los errores en el tratamiento de las semillas.

#### Sobrevivencia y crecimiento de los genotipos muestra - ex situ

En los árboles vivos se pueden conservar las frecuencias de genes de las muestras de semillas durante 30-50 años o más (según la especie), a condición de que pueda conseguirse la sobrevivencia de estos árboles y un porcentaje de crecimiento razonable. En el caso de las especies tropicales de buen resultado, se puede ahora combinar la elección de estaciones adecuadas con la aplicación de técnicas eficaces de vivero y establecimiento, de forma que en el campo se logra una sobrevivencia de casi el 100 por ciento, condición indispensable para la conservación estática. La competencia puede obrar en contra de los genotipos menos aptos a medida que la masa madura. Si el rodal de conservación se ha dispuesto siguiendo los espaciamientos aplicados en los huertos semilleros (por ejemplo, 9 x 9 m) o si se efectúan aclareos mecánicos, se podrá evitar, en gran medida, el efecto de la competencia.

En la conservación selectiva, la definición de los criterios de la selección tiene una importancia decisiva. Puede que convenga prestar especial atención a los caracteres de importancia económica pero de escasa heredabilidad (en el sentido más estricto) como, por ejemplo, el vigor; caracteres que, en general, son más difíciles de mejorar por selección y mejora individual que los caracteres de gran heredabilidad, como, por ejemplo, la forma del fuste.

#### Cruzamiento entre los genotipos de las muestras tomadas, ex situ

La conservación a largo plazo de los genes y de las frecuencias de genes constituye la parte más difícil de todo programa de conservación. Se consigue aplicando técnicas de conservación apropiadas durante unos 30-50 años, pero después se tropieza con toda una serie de problemas, de los cuales sólo unos pocos pueden abordarse en la fase de establecimiento. La transmisión precisa de una información genética de la primera generación de un rodal de conservación ex situ a la siguiente generación dependerá de los factores siguientes: tipo de cruzamiento; dimensiones de la "población" (deriva genética, consanguinidad) y migración.

En el caso de que todos los individuos estén en floración, el cruzamiento fortuito (probabilidades iguales para todas las combinaciones) puede, en teoría, lograrse mediante la aplicación del método de la polinización regulada, pero, en la práctica, esto puede resultar excesivamente costoso. Aparte de elegir ambientes capaces de estimular la producción de semillas, evitar la sumersión de los individuos de malas características de fructificación, y lograr una masa de conservación de tamaño razonable, es poco lo que puede hacerse para lograr el cruzamiento fortuito. La migración, expresada como contaminación por polen extraño puede reducirse al mínimo con un aislamiento suficiente.

Estableciendo rodales de conservación "razonablemente grandes" se puede reducir la influencia de la deriva genética y de la consanguinidad. Se presume que la deriva genética y los cruzamientos consanguíneos tendrán poca importancia, por lo menos durante las 2-3 primeras generaciones (60-90 años), en los rodales de conservación bien tratados de un tamaño de 10 - 30 ha, basados en los planes internacionales de recogida de procedencia.

A pesar de la proporción relativamente elevada de fratrias y semi-fratrias que se encuentran en estas colecciones de semillas, los cruzamientos en los rodales ex situ se consideran con frecuencia como "cruzamientos espontáneos" en relación con las condiciones prevalentes en una masa natural, a causa de la mezcla de las semillas de árboles madre bien repartidos en la población original. Este fenómeno forma parte probablemente de la sorprendente gran mejora, que ocurre con frecuencia, en términos de vigor, que se observa en las plantaciones ex situ de segunda generación.

#### Control de los parámetros genéticos en la conservación ex situ

El estudio de la genética de las poblaciones forestales ha tenido un gran auge durante los últimos años, lo mismo que el de los métodos de identificación de los genotipos y de los genes (en particular, los métodos quimiotaxonómicos; los métodos basados en la presencia de iso-enzimas, aceites volátiles, derivados flavonoides, etc.). Es probable que aumenten marcadamente las posibilidades de comprobación y regulación de los parámetros genéticos de población de los programas de conservación, en los próximos decenios. En la fase actual se considera que estos métodos son demasiado complicados y costosos para generalizar su empleo en los proyectos de conservación.

El mantenimiento de la identidad en la descendencia de un árbol particular es un método de control valioso, especialmente en la conservación selectiva. En los casos de una fuerte interacción genotipo-medio ambiente, un rodal de conservación basado en semillas de 15 árboles puede muy bien terminar con 3 - 5 familias solamente. Este tipo de control necesita, por consiguiente, una cartografía de cada árbol en el rodal de conservación. Aunque es un método exigente, en cuanto a disposición es practicable. La disposición de árbol por árbol permitirá además evitar los cruzamientos entre fratrias (modelos de policruzamientos, disminución de los cruzamientos consanguíneos).

Cuando se proyecten planes de conservación, se pueden tomar en cuenta los citados métodos de controlar la identidad genética. Sin embargo, conviene subrayar que, dada la actual situación de urgencia, resultará probablemente benéfico virtualmente cualquier establecimiento ex situ de una procedencia prometedora que sobreviva.

#### CRITERIOS PARA LA SELECCION DE ESPECIES Y DE PROCEDENCIAS PARA LA CONSERVACION EX SITU

El potencial económico, las dificultades de reabastecimiento de semilla y el peligro de extinción deben ser los principales criterios para preparar una lista de prioridades de especies y procedencias con vistas al establecimiento de rodales de conservación ex situ. Sobre la base de estos criterios, en primer lugar de la lista de prioridades deben figurar los pinos últimamente muestreados de P. caribaea y P. oocarpa (Kemp 1973). Casi todos los ensayos de procedencias de estas especies son de fecha reciente y es difícil evaluar el potencial económico, pero de estos ensayos recientes se están obteniendo ya algunas indicaciones.

En el caso de que se disponga de un abastecimiento suficiente de semilla, pero que el financiamiento para el establecimiento sea limitado, se podrían establecer 5 - 10 procedencias repartidas en un solo rodal y eliminar luego todas las procedencias, excepto la procedencia particular más prometedora, cuando se hubiera recogido información sobre las posibilidades de todas ellas. El rodal podría, de esta forma, constituir un ensayo de procedencias de parcelas de un solo árbol, durante la primera parte del turno, y luego convertirse en un rodal de conservación de la procedencia mejor.

Además de los principales criterios mencionados, podrían incluirse con un orden inferior de prioridad las procedencias que no se encuentran en peligro de extinción y de las cuales el reabastecimiento es posible, al objeto de establecer una amplia representación de la variación de la procedencia ex situ. Esto podría resultar útil para los estudios sobre la selección y para los futuros programas de mejoramiento en una región determinada.

#### SELECCION DE LAS REGIONES CAPACES DE HOSPEDAR A LOS RODALES DE CONSERVACION

Es fácil que las semillas para el establecimiento de rodales de conservación escaseen en general y resulten caras; y también resulten costosas las elevadas normas que exige el establecimiento y mantenimiento. En muchos casos sólo se pueden establecer rodales de conservación gracias a un considerable apoyo financiero por parte de organismos internacionales de ayuda. Una condición imperativa para el establecimiento en una región de rodales de conservación es que se disponga de suficiente experiencia técnica y que haya estabilidad de organización, al objeto de garantizar un nivel elevado de ordenación a largo plazo. Cuanto más intenso sea el interés que susciten en la región las especies incluidas, tanto desde el punto de vista de la mejora de la especie como de las plantaciones que sobrevivan, mayor será la utilidad y la seguridad de un plan. También hace falta que las condiciones ambientales sean adecuadas.

Los proyectos regionales de conservación deben concebirse en relación con un plan general de conservación global de la especie en cuestión.

#### SELECCION DE ESTACIONES PARA LA CONSERVACION EX SITU

Los criterios generales que se aplican para la elección de estaciones para el establecimiento de huertos semilleros sirven también para la selección de estaciones para los rodales de conservación (ambiente favorable para una elevada producción de semillas; que no haya peligro de contaminación por polen extraño; que estén protegidos contra los daños que puedan causar el hombre, los animales, los incendios, la erosión, las inundaciones, etc.;

que sean accesibles, próximos a las fuentes de mano de obra disponible y que se presten a labores mecánicas de mantenimiento).

En muchas de las regiones tropicales el conocimiento del potencial para la producción de semillas es todavía limitado ya que las plantaciones son jóvenes. Aunque es posible tener cierta confianza en el pronóstico de una producción semillera sobre la base de la información general acerca de las procedencias, esto entraña algún riesgo. Pero, incluso suponiendo lo peor (poca o ninguna producción de semillas) lo probable es que un rodal de conservación resulte útil por otros motivos (véase más adelante: utilización de los rodales de conservación).

Los rodales para la conservación estática deben establecerse en óptimas condiciones ambientales al objeto de garantizar la sobrevivencia del mayor número de genotipos posible. Los rodales para la conservación selectiva pueden establecerse en ambientes más extremos, pero representativos de las zonas de plantación potencial. En los trópicos se han emprendido varios planes de plantación en los ambientes netamente mejores de una región. La expansión de la agricultura puede obligar a que el desarrollo de la plantación forestal se limite a los suelos más pobres, lo que exigiría medidas de conservación selectiva en dichas zonas.

#### ESTABLECIMIENTO Y TRATAMIENTO DE LOS RODALES DE CONSERVACION EX SITU

##### Disposición

Como lo probable es que todo plan de conservación regional afecte a varias especies y procedencias, el aislamiento entre procedencias y especies susceptibles de hibridación pueden plantear ciertos problemas. Una posibilidad de aislamiento consiste en disponer los cuarteles de procedencia en una hilera, perpendicular a la dirección de los vientos dominantes durante la floración y evitar que haya linderos continuos entre las procedencias (especies) hibridizantes. Es preferible que las procedencias adyacentes tengan una edad de turno comparable.

##### Tratamiento en vivero

La siembra directa, una semilla por maceta, como se hace en algunos viveros tropicales, se considera el procedimiento ideal para evitar pérdidas. Si es posible, los descendientes de cada árbol deben mantenerse separados en el vivero para poder comprobar: 1) el número de descendientes por árbol elegido; 2) si es el producto una hibridación accidental; 3) si se ha producido una depresión a causa de la consanguinidad; y 4) variación entre familias.

##### Trasplante y tratamiento ulterior

En la medida de lo posible, los métodos deben normalizarse y constar en los planes de control. También se debe prestar atención especial al calendario de aclareos.

#### UTILIZACION DE LOS RODALES DE CONSERVACION

Además de las ventajas a largo plazo de la conservación de las procedencias que posean caracteres genéticos conocidos, los rodales de conservación tienen interesantes posibilidades de utilización a corto plazo.

##### Para la producción de semillas

Los rodales de conservación pueden utilizarse para la producción de semillas con vistas al establecimiento de plantaciones, de rodales semilleros, de huertos semilleros (con semilla de árboles seleccionados) producción de resalvos en los ensayos de procedencia, descendencia y de otro tipo.

### Como fondos para la selección

Los rodales de conservación constituirán un fondo para la selección individual con vistas al establecimiento de huertos productores de semillas clonales, exposiciones de árboles y bancos de clones. Aunque sean, al principio, relativamente pequeños (10 - 30 ha, 10 000 - 30 000 árboles) permiten esperar ganancias genéticas considerables mediante una selección tendente a favorecer los caracteres de gran heredabilidad, como la forma del fuste.

Por último, los rodales de conservación constituyen una fuente valiosa para los estudios generales de procedencias (heredabilidad, características de la flor, semilla y producción, etc.), así como para los estudios de genética de poblaciones.

### CONVENIOS INTERNACIONALES

Los planes de control para los rodales de conservación ex situ instalados bajo los auspicios internacionales, deben comprender convenios relativos al establecimiento, tratamiento y ordenación de los mismos. Una proporción, previamente fijada, de la cosecha de semilla puede ponerse a disposición de otros países, así como posibilidades de adquisición de propágulos y de polen. La proporción de la semilla recogida que se destina a distribución internacional debe guardar relación con los recursos financieros internacionales que se inviertan en el programa de selección.

### RODALES DE CONSERVACION EN LA ZONA SABANERA DE NIGERIA

Desde hace varios años, el suministro de semilla de E. camaldulensis viene siendo insuficiente. Se calcula que las procedencias Katherine y Petford rinden 30 - 50 por ciento más que las procedencias que suelen emplearse, pero no se dispone de una cantidad suficiente de semilla para establecer plantaciones de gran escala. Entre los pinos tropicales, P. oocarpa y P. caribaea han demostrado que eran muy prometedoras en los ensayos de procedencias y se proyecta establecer plantaciones de ambas especies. El suministro de grandes cantidades de semillas de procedencias prometedoras plantea un problema difícil.

Dado el interés que han suscitado en la región las especies mencionadas y la experiencia técnica disponible localmente, se recomienda el establecimiento de rodales de conservación de estas especies. Debido a las rigurosas condiciones de la estación seca, la conservación debe ser selectiva y no estática. Se recomienda establecer rodales de 20 ha de dos procedencias de E. camaldulensis y de tres procedencias de P. oocarpa y otras tres de P. caribaea en la parte oriental de Afaka F.R. en las cercanías de Kaduna; en esta región, los criterios mencionados anteriormente para la selección de estaciones se satisfacen suficientemente. Se calcula que el costo de establecimiento de estos rodales, comprendidos los trabajos de vivero y los cuidados culturales durante cinco años, ascienden a 400 dólares EE.UU. por hectárea. Se recomienda que la selección en los rodales de conservación se concentre en primer lugar solamente sobre la base del vigor (adaptabilidad) y la obtención de especies sanas. Los individuos que posean caracteres extraordinarios, además del vigor, podrían conservarse en bancos de clones, en el caso de que estuvieran incluidos en los señalamientos para aclareo. En ulteriores fases, la selección se concentraría en caracteres únicos de gran heredabilidad, como, por ejemplo, la forma del fuste.

La decisión en cuanto a cuáles son las procedencias de pino que hay que conservar no puede tomarse más que un poco antes del establecimiento (o recogidas suplementarias de semillas), de forma de poder obtener una información más exacta y actualizada resultante de los ensayos de procedencias. Actualmente las procedencias Petford y Katherine de E. camaldulensis son candidatos indiscutibles.

Aunque no sea más que por motivos de seguridad, en un futuro inmediato, conviene considerar la repetición de los rodales de conservación en otras zonas, con vistas al eventual establecimiento de plantaciones.

REFERENCIAS

- Barner, H. Procurement of douglas fir seed for provenance research. 15th IUFRO Congress.  
1971 Gaineville. Florida. EE.UU. (W.G. Sec. 22 y 24).
- Frankel, O.H. y Benett, E. Genetic resources in plants - their exploration and conservation.  
1970 IBP Manual N° 11. Oxford.
- Kemp, R.H. International provenance research on Central American pines. Com. For. Rev.  
1973 Vol 52. N°151.
- Kemp, R.H., Burley, J., Keiding, H. y Nickles, D.G. International cooperation in the  
1972 exploration, conservation and development of tropical and subtropical forest gene  
resources. Proc. VII World For. Cong. Argentina.
- Fowler, D.P. y Yeatman, C.W. (Eds.) Symposium on the conservation of forest gene resources.  
1971 Proceedings of the thirteenth meeting of the Committee on Forest Tree Breeding in  
Canada. Part 2. Prince George. B.C. Canada.
- Willan, R.L. y Palmberg, C. Improved use of forest genetic resources. Report of FAO/DANIDA  
1973 training course on forest tree improvement. Kenya. FAO. Roma. pp. 90-101.

ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS Y POLEN DE ESPECIES FORESTALES PARA LA  
CONSERVACION GENETICA: POSIBILIDADES Y LIMITACIONES

por

B.S.P. WANG

Petawawa Forest Experiment Station, Canadian Forestry Service,  
Department of the Environment, Chalk River, Ontario

INTRODUCCION

Los genetistas, mejoradores, patólogos, evolucionistas y otros especialistas se dan cada vez más cuenta de que, en muchas regiones del mundo, los recursos genéticos forestales están disminuyendo a un ritmo preocupante y que se necesitan con urgencia medidas de protección (Jasso 1971).

Como los árboles forestales están ampliamente distribuidos, tienen una vida larga y son especies silvestres, se considera que es más eficaz la conservación de los recursos genéticos forestales en sus ambientes naturales (Bouvarel 1970, Frankel 1970, Yeatman 1971).

Dado el estado actual de nuestros conocimientos acerca de la fisiología y bioquímica de las semillas, la conservación en condiciones controladas de los recursos genéticos forestales mediante el almacenamiento de semillas, polen o cultivos de tejidos, puede resultar eficaz si se emplea como una solución de reemplazo a largo plazo y como complemento de la conservación in situ o ex situ (Wang 1971).

Se puede almacenar las semillas de algunas especies (por ejemplo, Acacia, Eucalyptus y Pinus spp.) durante períodos prolongados (más de 15 años); para otras (la mayoría de las coníferas y de las frondosas) sólo puede dar buen resultado un almacenamiento a corto plazo (0 - 3 años) o a plazo intermedio (4 - 15 años).

En la conservación genética, el objetivo del almacenamiento de semillas, polen o cultivos tisulares consiste en suministrar los materiales conservados para su futura utilización en las plantaciones de fondos de genes y conservar los materiales en condiciones óptimas de forma que retengan el poder germinativo, vigor e integridad genética originales. Sin embargo, durante el período de almacenamiento, se deben poder distribuir determinadas cantidades de los materiales genéticos almacenados para hacer frente a las necesidades de la investigación y de la producción de semilla.

El almacenamiento de cultivos de tejidos como medio de conservación de recursos genéticos es una perspectiva interesante, pero aún no es práctica dado el actual nivel de nuestros conocimientos (Frankel 1970, Lata 1971, Nag y Street 1973). El almacenamiento del polen es un procedimiento válido para la conservación a plazo corto o intermedio, pero no tan seguro y duradero como el almacenamiento de las semillas.

En este capítulo se analizan los conocimientos actuales sobre el almacenamiento de semillas y de polen y se trata de las posibilidades y limitaciones de este tipo de almacenamiento como medio de conservación de los recursos genéticos, haciéndose especial hincapié en el almacenamiento de semillas.

## FORMAS DE ALMACENAR LOS MATERIALES GENETICOS

La conservación genética mediante el almacenamiento de las semillas o del polen resulta conveniente cuando no es posible preservar in situ poblaciones forestales determinadas o cuando masas naturales importantes, pero sin ensayar, están amenazadas de desaparición. El almacenamiento puede utilizarse como medida de seguridad para las poblaciones sin ensayar o las poblaciones de las cuales el ensayo de la descendencia se halla en marcha, como ocurre con Picea glauca (Moench) Voss (véase el capítulo 3 supra). En este caso, el almacenamiento se hace para garantizar contra la pérdida parcial o total de las plantaciones conservadas (Schreiner 1968).

Dada la fertilidad imprevisible, el almacenamiento del polen es una técnica que puede practicarse útilmente en las investigaciones sobre la genética y el mejoramiento de los árboles, pero sólo durante períodos de tiempo breves o intermedios; aunque no se puede confiar demasiado en el almacenamiento de polen para conservar recursos genéticos.

## LONGEVIDAD DE LOS MATERIALES GENETICOS ALMACENADOS

### Longevidad de las semillas almacenadas

El tiempo que una determinada semilla puede conservar su poder germinativo varía mucho según la especie forestal de que se trate, la calidad inicial de la semilla y las condiciones de almacenamiento. Actualmente, se dispone de más conocimientos sobre la cuestión, así como de métodos modernos que permiten almacenar durante más tiempo muchas especies de árboles que, antes se creía, tenían semillas de corta vida. Las semillas de muchos pinos y abetos y de muchas frondosas de semilla pequeña pueden tolerar un alto grado de desecación y soportan temperaturas de conservación hermética y de subcongelación, conservando así su poder germinativo durante más de 40 años. Las semillas de Acacia spp., Gleditsia triacanthos L., algunas Pinus spp. y Robinia pseudoacacia L. tienen tegumentos duros e impermeables y pueden conservar su poder germinativo hasta por lo menos 50 años (Barton 1961, Harrington 1972). Para las semillas de este último grupo, las condiciones de almacenamiento no son determinantes (Harrington 1972). Para las semillas que sólo toleran un grado intermedio de desecación (la mayoría de las coníferas y frondosas) la duración de vida en almacenamiento es del orden de 4 a 15 años, en recipientes herméticos y a una temperatura de 0° a 18°C (Wang 1974).

Sin embargo, el problema principal en el almacenamiento de semillas se plantea con las semillas de ciclo de vida corto de las especies siguientes: Acer macrophyllum Pursch, A. saccharinum L., A. negundo L., A. plantanoides L., Araucaria angustifolia (Bert.) O. Kuntze, A. heterophylla (Salib.) Franco, A. hunsteinii K. Schumann, Castanea spp., Cedrela odorata L., Chamaecyparis obtusa (Sieb. & Zucc.) Endl., Cryptomeria japonica (L.f.) D. Don., Fagus spp., Juglans nigra L., Libocedrus decurrens Torr., Populus deltoides Barts., P. trichocarpa Torr. & Gray, P. nigra L., Quercus spp. y Salix spp. Las semillas de este grupo sólo pueden tolerar una desecación muy reducida y no soportan las temperaturas de subcongelación y del almacenamiento hermético; por consecuencia sólo pueden almacenarse durante períodos breves que varían de unas pocas semanas a tres años, y esto con una disminución del poder germinativo.

La latencia, tanto interior como exterior, es un factor importante que contribuye a la prolongación de la vida de almacenamiento de la semilla (Barton 1961, Harrington 1970). Tiene, pues, importancia primordial proteger el tegumento y otras características que influyen en la latencia contra, por ejemplo, una recolección prematura, los daños de origen mecánico durante el desalado, y los ambientes desfavorables, para así obtener las máximas ventajas de la latencia de las semillas almacenadas.

### Calidad inicial de la semilla

Todas las semillas recogidas en poblaciones determinadas exigen un cuidadoso control de la calidad original durante todas las fases de la recolección, manipulación, extracción y limpieza, ensayo y almacenamiento (Wang 1971). Este control comprende 1) verificación del origen de las masas elegidas, vigilancia de la recolección de conos o frutos, identificación y etiquetado de los lotes de conos y frutos; 2) comprobación de la madurez de los conos o frutos, así como programación de la recolección para que coincida con los años de abundante floración; 3) embalaje, expedición, tratamiento, extracción y limpieza en forma apropiada de los conos o frutos recogidos; y, 4) análisis y ensayo eficaz y seguro de las semillas extraídas.

Las semillas recogidas antes de la madurez natural son propensas a tener un escaso porcentaje de germinación; a deteriorarse rápidamente durante el almacenamiento y a sufrir daños durante la extracción o la limpieza (Allen 1956, 1957, 1958; Ching y Ching 1962; Huss 1956). Harrington (1970) indicó que la disminución más rápida, durante el almacenamiento, del poder germinativo en la semilla inmadura en comparación con la semilla madura tal vez se deba a un desarrollo incompleto de las semillas. En las semillas inmaduras ciertos compuestos (entre ellos los compuestos que inducen la latencia, antioxidantes lípidos y compuestos energéticos) pueden no haberse formado o algunas proteínas no haber alcanzado la forma estructural definitiva.

El almacenamiento de los conos o frutos en un lugar fresco y bien ventilado, para evitar el recalentamiento, la fermentación y la proliferación de mohos, es la clave del éxito de las operaciones de extracción y limpieza. Para algunas especies arbóreas (por ejemplo, Abies procera Rehd.) incluso los conos maduros no producirán semillas de máximo poder germinativo, a menos de que las semillas terminen su maduración en los conos durante un cierto período, en el cual se produce la transferencia de los compuestos orgánicos desde los conos a las semillas (Rediske y Nicholson 1965).

En las operaciones de extracción y limpieza, la temperatura elevada y la humedad relativa en el secadero y el desalado mecánico son las fuentes más frecuentes de los daños que sufren las semillas (Allen 1957, Eliason y Heit 1940, Gordon *et al.* 1972). Las semillas dañadas son impropias, incluso para un almacenamiento a corto plazo, por el hecho de que su porcentaje de respiración es elevado y sufren un recalentamiento espontáneo (Holmes y Buszewicz 1958, Kamra 1967, Zeleny 1954). Para evitar este tipo de daños es esencial mucha prudencia en la extracción de las semillas y utilizar el desalado a mano, o siguiendo técnicas en húmedo (Wang 1974).

El contenido de humedad de la semilla es uno de los dos factores primordiales que influyen en la longevidad de la semilla (Harrington 1972). La semilla de algunas especies arbóreas (por ejemplo, Abies y la mayoría de las frondosas) sólo requieren un secado al aire para reducir su contenido de humedad a un nivel conveniente y que no entrañe peligros. En cambio, las semillas de otras especies, en particular las que necesitan un desalado en húmedo y limpieza, deben someterse a secado artificial para que disminuya más aún su contenido de humedad. Según Wakeley (1954) la exposición directa de las semillas de pino a los rayos solares es mejor, como procedimiento de secado, que la aplicación de calor artificial, ya que, aunque se corra un cierto peligro de aumentar la latencia de las semillas y de que éstas sufran el ataque de roedores e insectos, según él, no sufren daño alguno. Sin embargo, como las semillas son higroscópicas, hay que tener en cuenta que el éxito del secado al aire dependerá de las diferencias en la humedad atmosférica relativa, que varía según la localidad y la época del año (Barton 1961, Heit 1967b).

Como la composición química de las semillas varía según la especie, la semilla de algunos árboles (por ejemplo, Abies alba Mill, y los pinos del sur) tolera mejor un secado lento a temperatura poco elevada que un secado rápido a temperatura elevada (Magini y Capelli 1964, Wakeley 1954). Además, Harrington (1972) ha indicado que las semillas de diferentes especies no lograban el mismo equilibrio de contenido de humedad cuando se las

exponía a la misma humedad relativa atmosférica. Por ejemplo, a una temperatura atmosférica y contenido de humedad determinados, las semillas ricas en proteínas o en almidón, y pobres en materia grasa, absorben más humedad atmosférica que las semillas ricas en materia grasa. Wakeley (1954) estima que el conocimiento de los porcentajes de equilibrio del contenido de humedad de las diversas especies forestales, con diferentes combinaciones de temperatura atmosférica y humedad, tendrán una amplia aplicación práctica en el secado y almacenamiento de las semillas.

Wang (1974) ha estudiado el contenido de humedad crítico (por encima o por debajo del cual se produce un rápido deterioro del poder germinativo de las semillas) de las diferentes especies y lo considera como una útil indicación para un almacenamiento seguro. La importancia de una fluctuación positiva del contenido de humedad de las semillas almacenadas ha quedado demostrada por Barton (1961).

Para ilustrar la relación existente entre el contenido de humedad y la vida de almacenamiento de las semillas, se puede aplicar a las semillas forestales el método empírico de Harrington (1972) utilizado para casi todas las semillas agrícolas. Indica que, cuando el contenido de humedad se sitúa entre 5 y 14 por ciento, la vida de almacenamiento de las semillas se duplica por cada reducción percentual de contenido de humedad. En las semillas que pueden tolerar un secado entre intermedio a muy avanzado, hay que reducir el contenido de humedad a un nivel inferior al 8 por ciento (peso en fresco) a temperaturas de 20° a 35°C. La aplicación en los últimos años de la técnica de la liofilización a las semillas de árboles ha dado resultados prometedores. Surber *et al.* (1973) han informado que semillas de *Picea abies* Karst., con un contenido de humedad inicial de 10 a 12 por ciento se secó directamente hasta 2,4 por ciento por el método de la liofilización y que después se ha conservado con éxito durante seis años, en recipientes de cristal cerrados herméticamente a 25°C. Observaron que las semillas con un contenido de humedad inicial de más del 12 por ciento tenían que secarse previamente a este nivel antes de poder someterlas sin menoscabo a un secado directo por congelación (por ejemplo, *Abies* spp.).

La desecación excesiva de las semillas puede ser perjudicial para la capacidad germinativa y de almacenamiento de las semillas (Barton 1961, Harrington 1972, Roberts 1972). Roberts (1972) ha indicado que, en algunas especies, puede ser perjudicial secar las semillas hasta un contenido de humedad inferior a 2 por ciento.

Aunque se haya comprobado que un elevado contenido de humedad es perjudicial para las semillas almacenadas que puedan tolerar el secado, en muchas semillas grandes de frondosas, esto es una necesidad fisiológica para conservar el poder germinativo y el vigor. Las semillas de estas frondosas necesitan un contenido de humedad de 25 a 79 por ciento para conservar su poder de germinación durante un período de almacenamiento que oscile entre unos cuantos meses a tres años. Por consiguiente, en este grupo, las posibilidades de conservación genética mediante el almacenamiento de las semillas son limitadas.

#### Condiciones de almacenamiento

Las condiciones de almacenamiento comprenden tanto el método como la temperatura de almacenamiento. El método adecuado para almacenar una determinada semilla de árbol varía según las características de la semilla, su calidad inicial y el período de almacenamiento.

Aunque hay dos tipos de métodos de almacenamiento, en seco y húmedo, para la conservación genética únicamente es importante el primero. Con el almacenamiento en seco se puede conservar mejor el poder germinativo que en recipientes herméticamente cerrados y a temperatura baja.

Con el cerrado hermético se mantiene un contenido de humedad constante de la semilla, se reduce la respiración a medida que aumenta el dióxido de carbono y disminuye el oxígeno, y se protege a las semillas contra los insectos y las enfermedades (Harrington 1970, Wang 1974). Para evitar las fluctuaciones del contenido de humedad de las semillas almacenadas no se debe romper el precinto de los recipientes hasta el momento de su empleo. Cuando haga falta sacar semillas almacenadas, habrá que retirar de la cámara fría los recipientes

precintados hasta que vuelvan a la temperatura ambiente, antes de abrirlos, para evitar que se condense agua dentro del recipiente y sobre la semilla (Wang 1974).

En cambio, las semillas que necesitan un elevado contenido de humedad pueden sufrir daños con un almacenamiento prolongado en recipientes herméticamente cerrados (Wang 1974). Las bellotas de *Quercus robur* L. y *Q. borealis* Michx. f. almacenadas sin aeración, pierden su poder germinativo (Korneeva 1966, Serekov y Kuznetsova 1952, Suszka 1974, Yevreinova y Yerofeyev 1956). Al parecer las semillas de este grupo para mantener su poder germinativo durante el almacenamiento necesitan algún intercambio gaseoso.

La temperatura de almacenamiento es otro factor crítico que influye en la longevidad de las semillas. La importancia de la temperatura de almacenamiento para conservar las semillas forestales ha sido estudiada a fondo (Barton 1961, Harrington 1972, Holmes y Buszewicz 1958, Heit 1967a, 1967b, Wang 1974). En general, dentro de los límites aceptables de una determinada especie de semilla, contra más baja sea la temperatura de almacenamiento mayor podrá ser la duración de éste. Según el método práctico de Harrington (1972), el efecto de la temperatura de almacenamiento en las semillas almacenadas es que entre 0° y 50°C la vida de almacenamiento de las semillas se duplica por cada 5°C de disminución de la temperatura de almacenamiento. Para el almacenamiento de las semillas forestales a plazo corto y a plazo intermedio, la temperatura de almacenamiento debe ser entre 0° y 5°C (Huss 1967, Wakeley 1954). Sin embargo, para el almacenamiento a largo plazo de las semillas forestales, especialmente de aquellas que toleran bajas temperaturas de almacenamiento (por ejemplo, *Abies* y *Populus* spp.), se ha demostrado que las temperaturas de subcongelación (hasta -25°C) daban mejores resultados que las temperaturas sobre el punto de congelación (Surber et al. 1973, Wang 1974). Además, se ha demostrado que cuanto más baja sea la temperatura de subcongelación (-4° a -18°) mejor se conserva el poder germinativo de las semillas almacenadas (Barton 1961). Sin embargo, hay que subrayar que el almacenamiento en condiciones de subcongelación no puede aplicarse a todas las semillas de árboles. Las que no toleran el secado, o lo toleran poco, (es decir, la mayoría de las semillas grandes de frondosas) no soportan el almacenamiento en subcongelación, ni el precintado; aunque se vio que algunas bellotas de *Quercus robur* y *Q. borealis* con un contenido de humedad de 40 a 45 por ciento no habían sufrido el menor dano con un almacenamiento de 33 a 43 meses a -30°C, en recipientes cerrados, pero no precintados, mezcladas con arena o turba previamente desecada al aire. (Suszka 1974, y comunicación personal). Al parecer, las semillas de algunas especies pertenecientes a este grupo toleran, en cierta medida, un almacenamiento en condiciones de subcongelación.

Aunque para las semillas de este grupo se practica el almacenamiento a corto plazo en condiciones reguladas, el almacenamiento en subcongelación, como ya hemos dicho anteriormente, podría resultar especialmente útil en lugares de clima invernal relativamente benigno o variable.

#### Conservación del polen

Aplicando las técnicas de secado y las condiciones de almacenamiento que se conocen hoy día, el polen tiene una mayor duración de vida que la semilla. Al igual que con la semilla, el polen de muchas especies arbóreas se ha conservado bien a temperaturas de entre 5° y -23°C con una humedad relativa de 0 a 50 por ciento durante un período de entre unos pocos meses a 13 años, según la especie y la calidad inicial (Alam y Grant 1971, Barber y Stewart 1957, Bingham y Wise 1968, Bingham et al. 1971, Callaham y Steinhoff 1966, Duffield y Callaham 1959, King 1965, Popnikola 1971, C.W. Yeatman, comunicación personal). En los últimos años, las técnicas de baja congelación y de secado por liofilización han resultado eficaces para prolongar la conservación del polen (Ching 1969, Duffield y Callaham 1959, Ichikawa y Shidei 1971, 1972b; King 1965).

En la Estación Forestal Experimental de Petawawa se han logrado buenos resultados conservando, durante 11 a 13 años, polen de Picea abies, P. glauca, P. mariana (Mill.) B.S.P. P. rubens Sarg., en recipientes tapados con algodón, colocados en secaderos sobre gelatina de sílice (humedad relativa 0 a 1 por ciento) en condiciones de congelación profunda a  $-18^{\circ}\text{C}$  (C.W. Yeatman, comunicación personal). Sin embargo, cuando se utilizó para la polinización el polen almacenado, el rendimiento de semilla fue escaso (de 10 a 14,3 por ciento) y variable, y algunos lotes de polen al cabo de unos cuantos años perdieron su poder germinativo en absoluto. Se ha empleado una técnica parecida para almacenar polen de pino durante 10 meses con buenos resultados (Duffield y Callaham 1959).

King (1965) ha experimentado la técnica de la liofilización para el almacenamiento del polen y ha conservado con buenos resultados polen de muchas especies forestales, bajo vacío o en atmósfera nitrogenada en recipientes cerrados herméticamente durante un período de hasta tres años, y esto en condiciones no reguladas de temperatura ambiental. Es un método único en su género porque la conservación en recipientes herméticamente cerrados permite enviar polen a grandes distancias, y el conservado de esta forma puede congelarse y deshidratarse (Harrington 1970).

Ichikawa y Shidei (1972b) han conservado polen de 30 especies de coníferas y frondosas en nitrógeno líquido a  $-196^{\circ}\text{C}$ , y se ha visto que muchas de ellas conservaban su poder germinativo de 5 a 7 años con contenidos de humedad de entre 10 y 23 por ciento.

En un ensayo de polinización artificial con Cryptomeria japonica, diversas especies de Pinus y Larix leptolepis Henry, no se apreciaron efectos perjudiciales debidos a la congelación profunda. Sugieren que el contenido crítico de humedad para el almacenamiento a largo plazo de polen de árboles en nitrógeno líquido a  $-196^{\circ}\text{C}$  es, aproximadamente, un 10 por ciento, y que con un mayor contenido de humedad el polen sufre daños por el fenómeno de la congelación intracelular (Ichikawa y Shidei 1972a).

Entre las posibles causas del deterioro del polen durante el almacenamiento figuran: 1) el agotamiento del sustrato respiratorio; 2) inactivación de las enzimas, hormonas de crecimiento y ácido pantoténico; 3) daños por desecación; 4) acumulación de productos metabólicos secundarios; y 5) cambios en los lípidos de la exina de la membrana del polen y autoxidación de los lípidos (Harrington 1970, King 1965).

#### EVALUACION DE LA CALIDAD DEL MATERIAL ALMACENADO

El almacenar cuidadosamente semilla o polen de mala calidad o muerto es una empresa fútil. Por consiguiente, es necesario evaluar antes y después del período de almacenamiento el contenido de humedad y la germinabilidad inicial de los materiales genéticos aplicando métodos oficiales normalizados y criterios válidos por lo que se refiere al poder germinativo. De esta forma se puede averiguar el valor del material conservado y descubrir cualquier cambio que pudiera producirse en el contenido de humedad o en la capacidad de germinación.

Para el almacenamiento a largo plazo, conviene establecer al principio del almacenamiento un nivel aceptable de poder germinativo para el material almacenado, y las existencias de semilla y de polen deben reponerse o rejuvenecerse cuando el poder germinativo de los materiales almacenados baja del citado nivel aceptable (Wang 1971).

#### LIMITACIONES EN LA CONSERVACION DEL MATERIAL GENETICO

El envejecimiento de las semillas y del polen es un proceso natural. Según Helmer et al. (1962), las semillas y el polen alcanzan el summum de la calidad en su madurez fisiológica, después de lo cual la calidad empieza a disminuir. La rapidez de la degeneración depende del grado de desviación de las condiciones genéticas y ambientales en relación a las condiciones óptimas.

Como el envejecimiento es un proceso inevitable, siempre habrá que temer que se produzcan, con el tiempo, alteraciones de carácter genético, fisiológico o bioquímico en las semillas o el polen conservados. Esto puede suceder incluso en condiciones óptimas de conservación, sobre todo en el caso de un almacenamiento prolongado. Estas modificaciones suelen ser, en general, pérdidas de vigor y de poder germinativo, aunque Abdul-Baki y Anderson (1972) han observado que la primera merma perceptible del poder germinativo no coincide con el principio del deterioro (en términos de síntesis de carbohidratos y proteínas).

#### Modificaciones genéticas debidas al almacenamiento

Uno de los argumentos más sólidos contra el almacenamiento a largo plazo como medio de conservar los recursos genéticos es el temor, que comparten los genetistas y los mejoradores de árboles, de que incluso en condiciones ideales de almacenamiento se produzcan cambios genéticos en las semillas o el polen almacenado, y que, después de muchos años, las poblaciones resultantes sean genéticamente diferentes de las originales (Frankel 1970, Harrington 1970, 1972). Este cambio genético puede deberse a: 1) diferencias de sobrevivencia entre los diversos genotipos incluidos en un lote de semillas almacenadas, a causa de una considerable pérdida del poder germinativo inicial; o 2) un aumento en la proporción de mutaciones (Allard 1970, Bouvarel 1970, Harrington 1972). Sin embargo, ambas formas de cambio genético pueden evitarse, o reducirse al mínimo, cumpliendo todos los requisitos, desde la recolección, a través de todas las fases de la manipulación, extracción y limpieza, hasta el almacenamiento (Harrington 1972). Aunque existen abundantes pruebas que demuestran que en las semillas agrícolas viejas se producen aberraciones cromosómicas, los resultados obtenidos en los estudios sobre almacenamiento a largo plazo realizados en la Estación Forestal Experimental de Petawawa y en otras partes indican que este tipo de cambio genético no es corriente en las semillas de árboles (Barnett 1972, Heit 1967a, Eliason y Heit 1973, Wang 1974). En la Figura 1 se ilustra el poder germinativo y el vigor de semillas viejas almacenadas en comparación con las semillas frescas de varios pinos y abetos.

Por otra parte, no hay que olvidar que determinadas semillas son sensibles al almacenamiento (por ejemplo, Pinus lambertiana Dougl.). Por ejemplo, Stone (1957) ha indicado que el efecto retardador de 30 meses de almacenamiento a 2°C sobre la germinación y el vigor del alargamiento del embrión en semillas de Pinus lambertiana no se ha podido compensar por completo con un tratamiento por enfriamiento, a pesar de que se haya logrado, con un tratamiento similar, contrarrestar el efecto de un almacenamiento de 6 meses.

Otro ejemplo de esto es el menor porcentaje de germinación y vigor de los brinzales resultantes, observado en varios castaños como consecuencia de un almacenamiento a 1 a 2°C de temperatura durante 2½ a 3½ años (Jaynes 1969).

#### Semillas de corta vida

Las semillas de corta vida (por ejemplo, Quercus, Salix spp.) son difíciles de almacenar durante períodos prolongados, incluso en condiciones ideales de almacenamiento. La experiencia ha demostrado que debido a sus exigencias especiales de elevada humedad e intercambio de gases y su intolerancia a las temperaturas de subcongelación, las semillas de este grupo se deterioran invariablemente a medida que aumenta la duración del almacenamiento. (Suszka 1974, y comunicación personal).

Actualmente, la información disponible indica que la vida máxima de almacenamiento de estas semillas de corta vida es de menos de tres años (Bonner 1971, Harrington 1970, Suszka 1974 y comunicación personal, Wang 1974). Por consiguiente, para este grupo de semillas, la conservación de los recursos genéticos por medio del almacenamiento es limitada.

#### Rejuvenecimiento

Al contrario de lo que ocurre con las semillas agrícolas, resulta mucho más difícil la reposición de las existencias de semillas forestales por rejuvenecimiento, ya que la mayoría de los árboles necesitan un decenio para alcanzar la madurez sexual y, por lo menos, dos decenios para producir abundantemente semillas fértiles. Justamente por este motivo

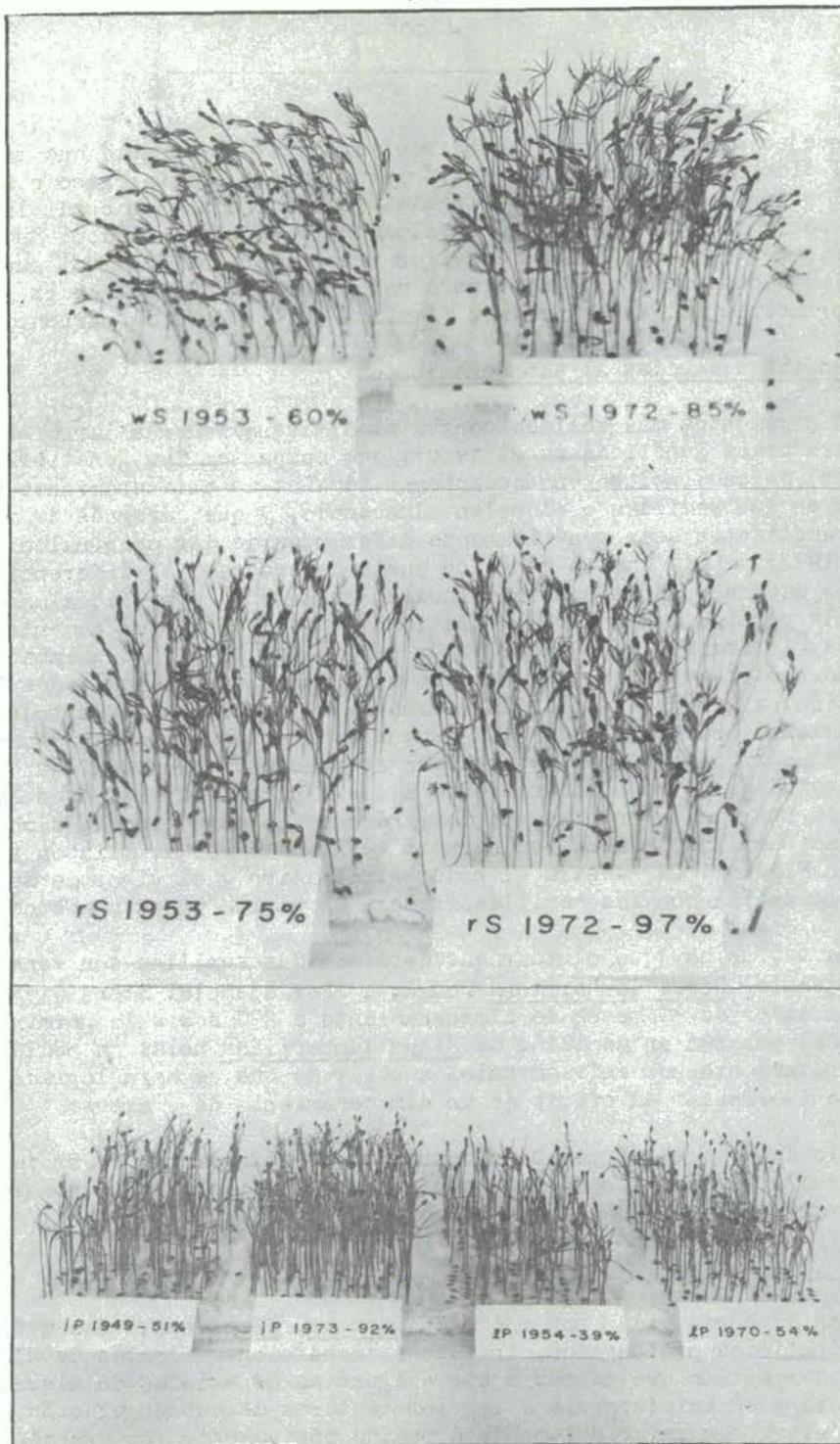


Figura 1: A pesar de que existen diferencias en el porcentaje de germinación total, existe poca o ninguna diferencia en lo tocante al vigor germinativo entre las semillas viejas almacenadas (7,2 - 8,9 por ciento de contenido de humedad por peso fresco) y las semillas frescas o relativamente frescas (4,5 - 7,7 por ciento de contenido de humedad) de *Picea glauca* (wS), *P. rubens* (rS), *Pinus banksiana* (jP) y *P. contorta* Dougl. (lP). Los números indican el año de la recogida de la semilla y el porcentaje total de germinación después de dos semanas. Todas las semillas se almacenaron en recipientes herméticos a una temperatura de 1 - 2°C.

no se deben recoger las semillas o el polen más que en los años de abundante floración, que es cuando están representados, en fuerte proporción, los genes de las poblaciones elegidas.

Falta de fiabilidad de los ensayos y germinación errática del polen después del almacenamiento

Es de primordial importancia que el polen sea 1) viable y capaz de fecundar, y 2) capaz de realizar los procesos fisiológicos y químicos necesarios hasta que las semillas se hayan desarrollado (Ching 1969). Sin embargo, el ensayo in vitro de la viabilidad del polen no permite una evaluación fiable de la verdadera calidad del polen in vivo, ya que el polen viable no es necesariamente fértil (Callaham y Steinhoff 1966, Cumming y Righter 1948, King 1965, C.W. Yeatman, comunicación personal). A causa de estos fenómenos contradictorios, el almacenamiento del polen podría ser muy útil como método de conservación a corto plazo para la investigación en materia de genética y en mejoramiento, pero mucho menos seguro para la conservación de los recursos genéticos.

AGRADECIMIENTO

El autor desea dar las gracias a los Dres. A. Carlisle y C.W. Yeatman, y al Sr. A.B. Berry del Servicio Forestal del Canadá por haberse prestado amablemente a revisar su manuscrito.

REFERENCIAS

- Abdul-Baki, A.A. y Anderson J.D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. 1972 In Seed biology. Vol. 2. Edited by T.T. Kozlowski. Academic Press. Nueva York y Londres. pp. 283-309.
- Alam, M.T. y Grant, W.F. Pollen longevity in birch (Betula). Can. J. Bot. 49: 497-498. 1971
- Allard, R.W. Problems of maintenance. In Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Edited by O.H. Frankel y E. Bennett. IBP Manual N°11. Blackwell Sci. Publ. Oxford y Edinburgo. pp.491-494. 1970
- Allen, G.S. The effect of date of cone collection upon the viability, germination behaviour, and storage characteristics of western hemlock seed. For. Chron. 32: 262-263. 1956
- Allen, G.S. Better handling of a scarce commodity. Brit. Columbia Lumberman 41. pp. 32-36.
- Allen, G.S. Factors affecting the viability and germination behaviour of coniferous seed. 1958 For. Chron. 34: 266-298.
- Barber, J.C. y Stewart, D.M. Vacuum storage of pollen proves feasible. Univ. Minn. 1957 Sch. For. St. Paul. Minn. For. Notes N° 62.
- Barnett, J.P. Southern pine seeds germinate after forty years' storage. J. For. 70: 629. 1972
- Barton, L.V. Seed preservation and longevity. Leonard Hill Book Ltd. Londres. 1961
- Bingham, R.T. y Wise, K.C. Western white pine cones pollinated with 1 to 3 year-old pollens give good seed yields. U.S.D.A. For. Serv. Intermountain For. & Range Exp. Sta. Ogden. Utah. Res. Note INT-81. 1968
- Bingham, R.T., Hoff, R.J. y Steinhoff, R.J. Genetics of Western white pine. U.S.D.A. 1971 For. Serv. Res Pap. WO-12.
- Bonner, F.T. Storage of acorns and other large hardwood seeds - problems and possibilities. 1971 Proc. Southeast. Nurseryman's Conf. Southeast. Area, State and Private For. Atlanta, Georgia. pp. 77-82
- Bouvarel, P. The conservation of gene resources of forest trees. In Genetic resources in plants - their exploration and conservation. Edited by O.H. Frankel and E. Bennett. IBP Manual N°11. Blackwell Sci. Pub. Oxford y Edinburgo. pp.523-529. 1970
- Callahan, R.Z. y Steinhoff, R.J. Pine pollen frozen five years produce seed. U.S.D.A. 1966 For. Serv. Lake States For. Exp. Sta. Joint Proc. 2nd Genetics Workshop Soc. Amer. For. and 7th Lake States For. Tree Impr. Conf. Res. Pap. NC-6. pp. 94-101.
- Ching, K.K. Pollen and seed: a good linkage for reforestation. In Symposium Proc. Regeneration of ponderosa pine. Edited by R.K. Hermann, Oregon State Univ. Sch. For. Corvallis. Oregon. pp.19-21. 1969
- Ching, T.M. y Ching, K.K. Physical and physiological changes in maturing Douglas-fir cones and seed. For. Sci. 8: 21-31. 1962
- Cumming, W.C. y Righter, F.I. Methods used to control pollination of pines in the Sierra Nevada of California. U.S. Dep. Agr. Washington, D.C. Circular N° 792. 1948
- Duffield, J.W. y Callahan, R.Z. Deep-freezing pine pollen. Silvae Genet. 8: 22-24. 1959

- Eliason, E.J. y Heit, C.E. The results of laboratory tests as applied to large scale  
1940 extraction of red pine seed. *J.For.* 38: 426-429.
- Eliason, E.J. y Heit, C.E. Red pine seed shows high germination after 42 years in  
1973 storage. *J. For.* 71. 776.
- Frankel, O.H. Genetic conservation in perspective. *In* Genetic resources in plants -  
1970 their exploration and conservation. Edited by O.H. Frankel and E. Bennett.  
IBP Manual N°11. Blackwell Sci. Pub. Oxford y Edinburgo. pp.469-489.
- Gordon, A.G., Esteban, I.D. y Wakeman, D.C. Cone handling, seed quality and  
1972 seed testing of *Pinus merkusii*. *Commonwealth For. Rev.* 51: 70-75.
- Harrington, J.F. Seed and pollen storage. *In* Genetic resources in plants - their  
1970 exploration and conservation. Edited by O.H. Frankel and E. Bennett.  
IBP Manual N°11. Blackwell Sci. Pub. Oxford y Edinburgo. pp.501-521.
- Harrington, J.F. Seed storage and longevity. *In* Seed biology. Vol. 3. Edited by  
1972 T.T. Kozlowski. Academic Press. Nueva York y Londres. pp. 145-240.
- Heit, C.E. Propagation from seed. Part 10. Storage methods for conifer seeds. *Amer.*  
1967a *Nurseryman* 126(8): 14-15, 38-54.
- Heit, C.E. Propagation from seed. Part 11. Storage of deciduous tree and shrub seeds.  
1967b *Amer. Nurseryman* 126(10): 12-13, 86-94.
- Helmer, J.D., Delouche, J.C. y Lienhard, M. Some indices of vigour and deterioration in  
1962 seeds of crimson clover. *Proc. Ass. Off. Seed Anal.* 52, 154.
- Huss, E. Studies of the importance of water content for the quality of conifer seed  
1954 during storage. *Medd. Skogsforskningsinst. (Estocolmo)* 44(7): 52-60.
- Huss, E. On the quality of conifer seed and other factors affecting the plant %. *Medd.*  
1956 *Skogsforskningsinst. (Estocolmo)* 46(9). (*For. Abstr.* 18. 1754, 1957).
- Huss, E. Long-term storage of conifer seed (*Pinus silvestris* L., *Picea abies* Karst., *Abies*  
1967 *lasiocarpa* Nutt.). *Stud. For. Suec. Skogshögskolan (Estocolmo)*. 46.  
(*For. Abstr.* 29, 2184, 1968).
- Holmes, G.D. y Buszewicz, G. The storage of seed of temperate forest tree species.  
1958 *For. Abstr.* 19 : 313-322, 455-476.
- Ichikawa, S. y Shidei, T. Fundamental studies on deep-freezing storage of tree pollen (I).  
1971 *Bull. Kyoto Univ. For.*, 42 : 51-82.
- Ichikawa, S. y Shidei T. Fundamental studies on deep-freezing storage of tree pollen  
1972a (II). *Bull. Kyoto Univ. For.* 44(3): 9-21.
- Ichikawa, S. y Shidei, T. Fundamental studies on deep-freezing storage of tree pollen (III).  
1972b *Bull. Kyoto Univ. For.* 44 : 47-67.
- Jasso, M.J. El ser humano como factor en la alteración de los recursos genéticos forestales.  
1970 *Unasyuva* 24 (2-3): 70-75.
- Jaynes, R.A. Long-term storage of chestnut seed and scion wood. 60th Annu. Rep. Northern  
1969 *Nut Growers' Ass. (East Lansing, Mich.)* pp. 38-42.
- Kamra, S.K. Studies on storage of mechanically damaged seed of Scots pine (*Pinus*  
1967 *silvestris* L.) *Stud. For. Suec. Skogshögskolan (Estocolmo)* 42.

- King, J.R. The storage of pollen - particularly by the freeze-drying method. Bull. 1965 Torrey Bot. Club 92 : 270-287.
- Korneeva, A.M. Lipids of Quercus robur acorns. I. Content of and changes in lipids 1966 during acorn storage. Nauc. Dokl. Vyss. Skoly (Biol. Nauki). Mosk. 3. 174-176. (For. Abstr. 28, 2116, 1967).
- Lata, R. Preservation of suspension cultures of plant cells by freezing. Can. J. Bot. 49. 1971 1253-1254.
- Magini, E. y Cappelli, M. Cold storage of Abies alba seed. Ital. For. Mont. 19 : 189-198. 1964 (For. Comm. Transl. 240).
- Nag, K.K. y Street, H.E. Carrot embryogenesis from frozen cultured cells. Nature 245. 1973 270-272.
- Popnikola, N. Study of the morphological and physiological characteristics of pollen of 1971 Abies alba in relation to its hybridization. Sum. List 95 : 291-308. (For. Abstr. 33, 5800, 1972).
- Rediske, J.H. y Nicholson, D.C. Maturation of noble fir seed - a biochemical study. 1965 Weyerhaeuser Co. For. Res. Centre (Centralia, Wash.). Weyerhaeuser For. Pap. 2.
- Roberts, E.H. Storage environment and the control of viability. In Viability of seeds. 1972 Edited by E.H. Roberts, Chapman y Hall Ltd. Londres. pp. 14-58.
- Schreiner, E.J. Mejoramiento genético de especies forestales. Unasylya 22(3): 3-9. 1968
- Serenkov, G.P. y Kuznetsova, V.S. The change in carbohydrate complex of acorns during 1952 storage. Vestn. Mosk. Univ. 7(2). Ser. Fiz. - Mat. - Estestv. Nauk 1. 119-125. (Chem. Abstr. 46, 9669). pp. 119-125.
- Stone, E.C. Embryo dormancy and embryo vigour of sugar pine as affected by length of 1957 storage and storage temperatures. For. Sci. 3: 357-371.
- Surber, E., Kählin, I., Simonett, A. y Frehner, E. Freeze-drying of forest tree seeds 1973 especially of spruce (Picea abies Karst.) for long storage. Proc. IUFRO Int. Symp. on Seed Processing. Bergen. Norway. 1973. Vol. 1. Pap. N°24.
- Suszka, B. Studies on the long-term storage of acorns. Polish Acad. of Sci. 1974 Inst. Dendrol. and Körnik Arboretum. Lörnük near Poznan. 4th. Ann. Rep.
- Wakeley, W.C. Planting the southern pines. U.S.D.A. For. Serv. Agr. Monogr. 18. 1954
- Wang, B.S.P. The role of forest tree seed storage in gene conservation. Proc. 13th Meet. 1971 Comm. For. Tree Breed. Can. Part 2: 24-27.
- Wang, B.S.P. Tree-seed storage. Dep. Environ. Can. For. Serv. Pub. N° 1335. 1974
- Yeatman, C.W. Gene conservation in relation to forestry practice. Proc. 13th Meet. 1971 Comm. For. Tree Breed. Can. Part 2: 19-24.
- Yevreinova, T.N. y Yerofeyev, N.G. Amylase in acorns stored under various conditions. 1956 Vestn. Mosk. Univ. Ser. Biol. Pochvoved Geol. Geogr. 2: 39-43. (Biol. Abstr. 35, 8487, 1960).
- Zeleny, L. Chemical, physical and nutritive changes during storage. In Storage of 1954 cereal grains and their products. Edited by J.A. Anderson y A.W. Alcock, Amer. Ass. Cereal Chem. St. Paul, Minn. pp. 46-76.

PARTE III

NORMAS Y RECOMENDACIONES

NORMAS PARA LA METODOLOGIA DE LA CONSERVACION DE RECURSOS

GENETICOS FORESTALES

L.R. ROCHE

Department of Forest Resources Management, University of Ibadan

INTRODUCCION

La conservación de los recursos genéticos forestales se entiende ante todo como "una utilización racional de los recursos en pro del mayor número de personas y durante el mayor tiempo posible" (G. Pinchot, citado en el *New Zealand Journal of Forestry* 1973). La conservación, en este sentido, tiene una larga y notable historia en muchos países donde la dasonomía ocupa un importante lugar y sigue siendo la base de los programas de regeneración, tanto natural como artificial.

La introducción de cortas bajo cubierta en grandes extensiones para favorecer la regeneración natural de los bosques tropicales, sin embargo, no es eficaz como sistema para la conservación, tanto por motivos prácticos como biológicos y actualmente existe evidente necesidad de una metodología de la conservación que sea compatible con la creciente demanda de productos madereros tropicales que registra el mercado. Sin embargo, en los modernos métodos de ordenación de los recursos naturales renovables se hace hincapié en la conservación como un elemento dinámico de planes de ordenación que todavía no se han aplicado en muchos ecosistemas de bosque tropical y subtropical del mundo.

No hay un método único para la conservación de los recursos genéticos forestales que sea universalmente aplicable. Los sistemas ecológicos forestales que se encuentran en el mundo son tan diferentes y las limitaciones prácticas cambian de tal manera de un país a otro que las soluciones locales a los problemas locales suelen tener precedencia sobre los principios teóricos. Otro factor importante es que la información biológica y de otro tipo que influye directamente en el orden de prioridades y en la metodología de la conservación local; por ejemplo, los datos e información sobre las exigencias de la conservación resultantes de los inventarios o faltan con frecuencia o no son fácilmente asequibles a los responsables de la ordenación forestal. No obstante, es evidente que, a pesar de las anteriores consideraciones, conviene que se formulen ciertas normas generales para facilitar la elaboración de los programas locales. Las siete monografías que forman la Parte II de este estudio indican, con más o menos detalle, los tipos de soluciones posibles con referencia a determinadas especies y ecosistemas y convendría determinar la aplicabilidad a otras especies de los métodos que se presentan antes de planificar los programas locales.

Con la recapitulación de las normas generales que se da en este capítulo se intenta sintetizar las enseñanzas de los casos tratados en estas monografías y en otras fuentes, en provecho de los planificadores de la conservación, pero estas informaciones deben interpretarse con flexibilidad y teniendo en cuenta las condiciones locales.

### INVENTARIACION Y EVALUACION

En todo programa de conservación de los recursos genéticos forestales, la primera etapa consiste en determinar en qué medida las muestras representativas de los ecosistemas forestales y de las especies que los componen están ya conservadas en los Parques Nacionales o Reservas Naturales Integrales (RNI) existentes; en segundo lugar, habrá que determinar cuáles de ellas no se hallan protegidas, aunque corran actualmente peligro. Los datos del inventario forestal: mapas de vegetación, mapas de distribución de determinadas especies, registros de herbarios y mapas en los que se delinee las reservas forestales y los parques nacionales, son las principales fuentes de información que pueden servir de base para decidir los medios de conservación que hay que aplicar para toda especie o todo ecosistema particular. Una gran parte de estos trabajos preliminares puede realizarse por intermedio de los comités nacionales del Programa del Hombre y la Biosfera (PHB) allí donde existan dichos comités.

La evaluación de la situación actual en cuanto a la conservación de una especie no sólo indicará la necesidad de tomar las medidas de conservación más apropiadas para dicha especie sino también qué clase de medidas deben ser. En el caso de que una especie en peligro que sea componente principal de ecosistemas forestales climáticos, no se regenere suficientemente después de una corta y no se cultive, o no se cultive fácilmente dados los conocimientos actuales, es posible que la conservación in situ sea, en el inmediato, el método más apropiado. La conservación in situ se entiende, en este contexto, como la exclusión de las cortas comerciales y la conservación del ecosistema climático del cual forma parte la especie en peligro.

Toda especie que se regenere naturalmente después de una corta, o que pueda plantarse fácilmente, resultará también apropiada para la conservación in situ. En este caso, se permitiría la explotación y se podría asegurar la conservación aplicando prácticas silvícolas normales, bien sea mediante regeneración natural o artificial. En este último caso, las plantas deben originarse a partir de semilla recogida de la población local.

Para las especies que pueden cultivarse, pero que no pueden regenerarse fácilmente en la zona donde crecen naturalmente, la conservación ex situ es la más apropiada. La conservación ex situ es el único método posible cuando las poblaciones naturales se hallan amenazadas de destrucción a causa de presiones sociales o económicas irresistibles tendentes a la explotación de la tierra para aprovechamientos no forestales. Como los recursos para la conservación ex situ son limitados, hay que conceder prioridad a las especies de importancia económica probada. En el caso de muchas especies importantes, el almacenamiento en forma de semilla puede resultar eficaz durante varios decenios y representa un método precioso de conservación provisional, que permite disponer del tiempo necesario para la investigación sobre los métodos de cultivo de especies difíciles y para la capacitación del personal encargado del tratamiento de los rodales de conservación ex situ. Para otras especies, sin embargo, el breve período de viabilidad de la semilla limita gravemente el valor de la conservación en forma de bancos de semilla.

### CONSERVACION IN SITU EN LAS RESERVAS NATURALES INTEGRALES

La exclusión de las cortas y la conservación in situ de muestras representativas de un ecosistema en su estado natural, pueden conseguirse mejor estableciendo Reservas Naturales Integrales (RNI) dentro de unidades mayores, bien sean Reservas Forestales o Parques Nacionales.

#### Legislación

Cuando no hubiera procedimientos legislativos adecuados para el establecimiento y la protección de las Reservas Naturales Integrales, los servicios forestales deberían solicitar de los servicios gubernamentales responsables la promulgación de la legislación pertinente.

A este respecto, los comités nacionales del Programa del Hombre y la Biosfera de la Unesco pueden desempeñar un importante papel. En algunos casos, las RNI se califican para ser incluidas en la red internacional de reservas de la biosfera del PHB (Unesco 1974).

#### Dimensiones de las RNI

En el capítulo 1 se dan aproximaciones puramente conjeturales de la superficie mínima que probablemente haría falta para la conservación a largo plazo de muestras de ecosistemas forestales. Estas estimaciones varían entre 100 y 1 000 ha. Es necesario saber hasta qué punto superficies de este orden, protegidas como RNI, resultarían suficientes para conservar un fondo local de genes viable de las especies que lo constituyen.

Cuando se dispone de datos de inventario se puede determinar no sólo la distribución general de una especie sino también su frecuencia (véase Capítulo 6, Cuadro 2). Por consiguiente, para una región y un ecosistema determinados puede calcularse el número de pies que crecen en una superficie dada y compararse con la cifra teórica que se considera adecuada.

El número mínimo de pies de una población en peligro que hace falta para formar un fondo de genes viable variará según la especie. Por ejemplo, es fácil que este número sea relativamente grande en el caso de especies coníferas de la zona templada septentrional, que son anemógamas y en las cuales el cruzamiento lejano es muy frecuente. Toda (1965) sugiere la cifra de 10 000 individuos. En otras especies puede bastar una población reproductora de muchos menos individuos. Dyson (1974) indica 200 individuos, cifra que se basa en la experiencia adquirida con las especies animales. Sin embargo, dada la falta de datos experimentales para las especies forestales, en la práctica será prudente duplicar las cifras de Dyson. En todo caso, es fácil que el número de individuos que haga falta, cuando se trata de especies frondosas tropicales, que son predominantemente polinizadas por insectos, aves o murciélagos y muchas de las cuales son capaces de autofecundación, sea considerablemente menor que cuando se trate de coníferas septentrionales anemófilas.

Sin embargo, dadas las considerables diferencias en cuanto al grado de densidad de la masa, la superficie que hace falta para contener una población efectiva mínima de reproductores puede ser grande en el caso de una especie frondosa tropical y relativamente pequeña en el de una conífera de la zona templada septentrional. En este último caso, el bosque se compone de sólo un pequeño número de especies forestales, por ejemplo, las asociaciones de Picea engelmannii y Abies lasiocarpa de las regiones de bosque subalpino del Canadá, o las asociaciones de Pinus sylvestris y Picea excelsa de Escandinavia y, por consiguiente, la superficie mínima necesaria para lograr la perpetuación de un fondo de genes viable dentro del ecosistema probablemente será inferior a 100 ha. Cuando el ecosistema se componga de un gran número de especies como, por ejemplo, los ecosistemas de frondosas tropicales, la superficie mínima necesaria para lograr la perpetuación de la diversidad de especies que contiene el ecosistema será probablemente mucho mayor. Si se utiliza el Cuadro 2 del Capítulo 6, se verá que una superficie de 60 ha bastará para contener 400 pies de Strombosia pustulata, mientras que harán falta 160 ha para igual número de Triplochiton scleroxylon y 440 ha para Berlinia spp.

Por consiguiente, la diversidad de superficies que se calcula hacen falta para la conservación de una población efectiva mínima de reproductores de una determinada especie de la cual se conoce la frecuencia de distribución, corresponde bastante bien a la diversidad de superficie (100 a 1 000 ha) citada anteriormente para la conservación de ecosistemas. En estas estimaciones aproximativas se supone que no hay aglomeraciones notables de árboles en bosque.

Sin embargo, es evidente que es imposible generalizar en lo que respecta ya sea al número de pies que constituyen una población efectiva mínima de reproductores o en cuanto a la superficie mínima necesaria para conservar un determinado ecosistema. En cada caso previsto, especie única o ecosistema que comprende un cierto número de especies, la decisión sólo puede tomarse teniendo en cuenta el inventario total y los datos biológicos disponibles, así como las limitaciones de tipo práctico. Por consiguiente, las cifras anteriores se dan sólo a título meramente indicativo.

### Distribución de las RNI

Cuando una especie está ampliamente distribuida en toda una gama de ambientes, lo probable es que exista variación intraespecífica y, por lo tanto, puede que sea necesario establecer un cierto número de RNI que engloben las extremidades y el centro de su área de distribución. A falta de datos genecológicos, las decisiones acerca del número de RNI que hacen falta para la conservación de recursos genéticos valiosos de una determinada especie, podrán basarse en los registros de inventario y en los mapas de distribución de la especie. En el caso en que la especie se circunscriba a un sólo tipo de vegetación en un ambiente relativamente homogéneo puede bastar una sola RNI. Por otra parte, si la especie se halla distribuida por toda una amplia gama de ambientes latitudinales (por ejemplo, Pinus contorta) para lograr una muestra suficiente de sus recursos genéticos, es fácil que hagan falta por lo menos tres RNI. Estas reservas deberán estar distribuidas de forma que haya una en el centro ecológico del área de distribución de la especie, y las otras dos en sus dos extremos.

Cuando, en una distancia relativamente corta, el ambiente varíe rápidamente, por ejemplo, desde el fondo de un valle hasta la cumbre de una cordillera, será posible lograr la conservación de una gama de variaciones ecológicas y genéticas estableciendo una sola gran RNI que englobe toda la cuenca. El establecimiento de una RNI grande permitiría, además, conservar varias fases sucesivas de la especie, así como la vegetación climácica. Las RNI no deben limitarse al bosque primario sin perturbar, ya que tiene igual importancia establecerlas en bosque secundario perturbado que contenga recursos genéticos valiosos, cosa que ocurre en la mayoría de los bosques del Estado de muchos países.

### Zonas amortiguadoras

En Africa, las RNI se suelen establecer en las reservas forestales, aunque varias de ellas se han establecido en parques nacionales. Cualquiera que sea la ubicación de una RNI, ésta deberá estar rodeada de una zona amortiguadora de bosque indígena sometida a una ordenación de rendimiento sostenido, pero que excluya la corta a hecho y el reemplazo por plantaciones. En Nigeria, Kenia y Uganda, las RNI se establecen muy en el interior de las reservas forestales y a veces en zonas apartadas, alejadas de las carreteras. De esta forma se hallan rodeadas por todos sus lados de grandes tramos de bosque reservado. Esto es lo ideal. Cuando, en cambio, los recursos genéticos forestales que se proyecta conservar se hallan cerca de los lindes de la reserva forestal, habrá que asegurarse por todos los medios posibles de que se establezca en torno de la RNI una zona amortiguadora de, por lo menos, 300m.

Puede hacer falta más de una zona amortiguadora, como se ha propuesto para las reservas de la biosfera del PHB (Unesco 1974). Además de conservarse los fondos de genes tienen que ordenarse y utilizarse y esto implica la recolección periódica de semillas. Por ello podría utilizarse una zona que constituyera el núcleo central intacto, en la cual se excluiría toda intervención del hombre, a excepción de observaciones científicas; esta zona estaría rodeada de otra zona interior amortiguadora de reserva del fondo de genes, con otras zonas amortiguadoras exteriores dedicadas al turismo y a la explotación comercial del bosque.

### Objetivos combinados

Tal vez resulte imposible establecer una RNI limitada concretamente al sólo objetivo de la conservación de los recursos genéticos forestales. Por este motivo, conviene siempre combinar este objetivo con otros de interés para los ordenadores de la fauna silvestre y de los conservadores de tierras y aguas. Es perfectamente posible determinar estos otros objetivos y combinarlos en un plan común de ordenación, lo que justificaría aún más la necesidad de la conservación in situ de todos los recursos que posee la región. En estos casos, el tamaño y la forma de una gran reserva única dependerán de las formas fisiográficas, la presencia de cuencas de captación, etc., así como de las exigencias de la conservación de los recursos genéticos.

Una gran superficie reservada para fines múltiples tales como los citados anteriormente podría, en virtud del PHB (Unesco 1974), declararse Reserva de la Biosfera. Una zona de este tipo, situada, por ejemplo, en la cumbre de una montaña en los trópicos, contendría, en orden de altitud decreciente, bosques nivales, alpinos, ericáceos y montanos; así como, cinturones de sabana, tanto en la zona núcleo virgen como en las zonas amortiguadoras de tierras boscosas reservadas. También se reservaría una zona para fines educativos y turísticos.

#### Ordenación de las RNI

Nunca se insistirá demasiado en que, para que las Reservas Naturales Integrales desempeñen un papel importante en la conservación de los recursos genéticos forestales, habrá que intentar por todos los medios posibles de satisfacer criterios rigurosos tanto para el establecimiento de estas reservas como para su ulterior ordenación. Las superficies de tierras forestales reservadas exclusivamente con el propósito declarado de conservar los recursos genéticos forestales, y sin que se especifique claramente que se incorporarán a los planes de ordenación, es muy difícil que puedan conservarse intactas. Además, estas formas estáticas de conservación de los recursos genéticos forestales no permiten acopiar información acerca de estos recursos como sucede con las medidas de conservación dinámica integradas en un plan de ordenación forestal. A la larga, y en el caso de que las RNI estén debidamente ordenadas y estudiadas, no sólo deberían servir para conservar los recursos genéticos forestales, sino también para generar una corriente de información sobre dichos recursos capaz de permitir su eventual domesticación, y, si se trata de frondosas tropicales, la elaboración de planes de ordenación de los ecosistemas naturales de las especies en cuestión.

El mantenimiento de determinados recursos genéticos en una RNI exige una cierta intervención en el ecosistema cuando las especies de que se trate sean formas seriales que disminuyan o desaparezcan a medida que el ecosistema se acerque a su climax. En estos casos, si se quieren lograr los objetivos de conservación dentro de las RNI, hará falta preparar planes de ordenación. Estos planes es mejor incorporarlos al plan general de ordenación de la reserva forestal dentro de la cual se halla la Reserva Natural Integral.

En muchos casos, cuando se elaboren los planes de ordenación, habrá que tener en cuenta la eventualidad de visitas organizadas de escolares y de otras personas. "...El impacto humano en las zonas en reserva, salvo en el caso de que sea intenso y generalizado, no debiera perturbar la estructura de la población de la gran mayoría de las especies de una zona reservada tan gravemente como para tener consecuencias genéticas. Lo esencial es contener dicho impacto dentro de límites razonables. Toda infracción a la integridad ecológica y genética debe compensarse por una seguridad a largo plazo de la tenencia: la conservación es, y probablemente seguirá siendo, un equilibrio inseguro para lo que quisieran las generaciones, las comunidades y los gobiernos. Un acceso razonable para nuestra especie humana dominante puede traducirse en el intercambio de una pérdida soportable de integridad biológica contra una ganancia de dimensión, diversidad y seguridad de las zonas reservadas". (Unesco 1972b).

#### CONSERVACION EX SITU

La conservación in situ no siempre es posible, ni incluso deseable. Cuando no existe ningún sistema de reservas forestales y se ejerce una fuerte presión para un desbosque en gran escala de las masas naturales para destinar las tierras a la agricultura, los recursos genéticos de ciertas poblaciones se hallarán amenazados de una destrucción completa. En otros sitios, la integridad genética puede verse amenazada por la invasión de polen procedente de grandes plantaciones vecinas de origen exótico. Con frecuencia sucede que las poblaciones de árboles forestales amenazadas de esta forma no pueden conservarse más que con medidas de conservación ex situ, o sea, estableciendo masas artificiales, transferidas de su habitat natural de origen a nuevas estaciones donde es posible protegerlas gracias a una ordenación intensiva o almacenando las semillas en bancos de semillas en condiciones, por ejemplo, de temperatura y humedad cuidadosamente reguladas.

Los rodales de conservación ex situ resultan caros de plantar y de mantener y, por consiguiente, se limitan normalmente a especies de acreditado valor económico potencial. Dentro de estas especies, se debe conservar material de todas las poblaciones en peligro como fuentes posibles de genes valiosos, tales como los de resistencia a la sequía o al frío, que pueda haber en las poblaciones aisladas o periféricas. Los rodales de conservación ex situ deben establecerse tanto en los países de introducción como en el país de origen. Hay que tratar por todos los medios posibles de conseguir que el nuevo ambiente sea lo más parecido posible al del lugar de origen y de no agrupar las semillas de diferentes procedencias obtenidas de ambientes diferentes.

Bastará dedicar en cada estación una zona de 10 - 30 ha por procedencia o población. Como garantía contra eventuales catástrofes, cada una de estas poblaciones debe plantarse por lo menos en dos lugares. Es esencial aplicar normas impecables de plantación, cuidado y protección. En la medida de lo posible, las plantaciones tendrán que estar aisladas de las otras procedencias susceptibles de hibridizar las especies que contienen, pero esto puede resultar difícil en la práctica. En este caso, la multiplicación vegetativa o la polinización regulada permitiría conservar un elevado grado de integridad genética en la generación siguiente.

Son muchos los países en desarrollo que tienen gran interés en ensayar y conservar la variación genética de especies exóticas, por ejemplo, de pinos tropicales, pero que no están en condiciones de financiar estas operaciones. Esto ofrece una maravillosa oportunidad para la cooperación internacional. Los organismos internacionales deberían financiar el establecimiento de rodales destinados a la conservación de fondos de genes durante períodos de cinco años; en cambio, los países "huéspedes" se comprometerían a poner a su disposición la mitad de la cosecha de semillas que produjeran dichos rodales.

#### CONSERVACION EN FORMA DE SEMILLAS

Cuando se cuente con instalaciones para el almacenamiento de semillas y se sepa cuáles son los requisitos de almacenamiento de las semillas de las especies o poblaciones amenazadas, se podrá proceder a recoger semilla de estas masas lo más frecuentemente posible y almacenar dichas semillas hasta que hagan falta para establecer rodales de conservación ex situ. Los problemas técnicos que plantea el almacenamiento en forma de semilla se han tratado detalladamente en el Capítulo 9. Las ventajas que ofrece el almacenamiento de las semillas en lo que respecta a la economía de espacio son evidentes. En muchos países este sistema ya desempeña un papel importante en la conservación de los recursos genéticos y desempeñará un papel considerablemente mayor cuando se conozcan mejor las necesidades de almacenamiento de especies en los trópicos, las cuales hasta ahora se han estudiado poco.

#### ARCHIVO DE LA INFORMACION SOBRE CONSERVACION

Las medidas de conservación de los recursos genéticos forestales tienen que ir acompañadas en todos los casos por la conservación de la información acerca de estos recursos y, por consiguiente, es esencial que cada organismo elabore un sistema de acopio, archivo y localización de información sobre recursos genéticos. Este sistema debe ir acompañado por la introducción de procedimientos normalizados de nomenclatura y registro de recursos genéticos y, a la larga, por la certificación de semillas.

REFERENCIAS

- Dyson, W.G. A note on the conservation of tree species in situ. In Report of the third session of the FAO Panel of Experts on Forest Gene Resources. Roma. 1974.
- New Zealand Journal of Forestry. Editorial comment - Essay on the West Coast Beech scheme. N.Z. J. of For. Vol. 18. Nº 2. pp.161-167.
- Toda, R. Preservation of gene pool in forest tree populations. Special meeting of Section 22. I.U.F.R.O. Zagreb.
- Unesco. Conservation of natural areas and of the genetic material they contain. Final Report (Nº 12) of Expert Panel on Project 8. Programme on Man and the Biosphere. Paris.
- Unesco. First draft report of task force on conservation of natural areas and of the genetic material they contain, in the framework of the Man and Biosphere Programme. Paris.

## PRIORIDADES EN CUANTO A INVESTIGACION Y ACCION

L.R. ROCHE

Department of Forest Resources Management, University of Ibadan

### ZONAS

El actual programa mundial de investigaciones sobre la genética y ecología de las especies forestales en las regiones templadas se halla lo suficientemente desarrollado como para permitir la aplicación de una metodología de la conservación de los recursos genéticos de muchas de estas especies. Además, ya se han instalado las instituciones necesarias para la elaboración y aplicación de esta metodología. El programa finlandés, tanto para las frondosas como para las coníferas, y los descritos en los Capítulos 3 y 4 para las coníferas norteamericanas son típicas de los progresos realizados hasta la fecha en este campo y cabe esperar, con toda seguridad, un progreso rápido.

Esto, naturalmente, no quiere decir que la conservación en las regiones templadas no tropiece con problemas importantes. Al contrario, los investigadores de muchas partes del mundo fuera de los trópicos se enfrentan con los peligros que amenazan a las poblaciones únicas de muchas de las especies forestales. Sin embargo, en la mayoría de los casos, se están tomando medidas como ocurre, por ejemplo, con las poblaciones únicas de Picea glauca en el valle de Ottawa, descritas en el Capítulo 3, así como las que se aplican para las coníferas californianas descritas en el Capítulo 4. Las prioridades en cuanto a las investigaciones y acción internacional, por consiguiente, se refieren sobre todo, aunque no exclusivamente, a los recursos genéticos de las especies forestales de valor en las zonas tropicales, subtropicales, mediterráneas y áridas.

### ESPECIES

Hoy día, las investigaciones sobre la genética y la ecología de las especies forestales tropicales y subtropicales se concentran en un número muy pequeño de especies que actualmente tienen gran importancia comercial como árboles de plantación, por ejemplo: Tectona grandis, algunas Eucalyptus y Pinus spp., Cedrela odorata y Gmelina arborea. La importante labor en marcha para las especies de plantación enumeradas anteriormente tiene que desarrollarse y extenderse a otras especies.

En el Capítulo 5 se ha subrayado la importancia y vulnerabilidad de los recursos genéticos de los pinos centroamericanos. En dicho capítulo se expone una metodología para la conservación in situ de estos recursos y, en el Capítulo 8, se describe su conservación ex situ. Estas especies tienen prioridad absoluta para las investigaciones y acción internacional, lo mismo que ocurre con los pinos tropicales y subtropicales del sur y sudeste de Asia.

En lo que se refiere al Capítulo 7 sobre Eucalyptus spp., hay que hacer hincapié en el hecho de que los recursos genéticos de muchas de estas especies tienen interés primordial en todos los trópicos y subtropicos y regiones sabaneras del mundo, aunque el centro de diversidad del género se circunscribe a Australia. Sin embargo, hay dos especies de capital importancia para la forestería tropical, que crecen fuera de Australia, y cuyos recursos genéticos se hallan en peligro. La conservación de los recursos genéticos de las especies de Eucalyptus tiene que seguir disfrutando de primera prioridad.

La rehabilitación de las tierras desboscadas de las zonas áridas y de las que circundan la cuenca del Mediterráneo merece elevada prioridad. A medida que se ejerza una mayor presión sobre la tierra en las zonas más húmedas de los trópicos y subtropicos, mayor será la necesidad de aumentar el rendimiento de las tierras marginales y zonas sub-áridas y áridas. El estudio de la variación genética y su conservación en las zonas áridas se ha descuidado, en general, y se necesita intensificar los trabajos sobre géneros, tanto indígenas como exóticos, tales como: Acacia, Tamarix, Zizyphus, Conocarpa, Prosopis, Callitri, Casuarina, Eucalyptus y Pinus.

En los informes del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos Forestales (FAO 1969, 1972, 1974b) puede encontrarse una lista más detallada de las especies dispuestas por orden de prioridades.

#### ACTIVIDADES

Tanto la conservación in situ de los ecosistemas naturales en Reservas Naturales Integrales como la conservación ex situ de poblaciones individuales de especies de importancia económica en rodales de conservación artificiales, tiene un importante papel que desempeñar en la conservación de los recursos genéticos forestales en escala global, y ambos métodos merecen una sustancial financiación por parte de los organismos internacionales. Lo mismo puede decirse del almacenamiento en bancos de semillas que, para algunas especies, representa un método fiable que permite economizar espacio para conservar los recursos genéticos. La importancia relativa de estos tres métodos varía mucho, sin embargo, según los países. Los tres se han incluido a fines de financiación, en el programa mundial, propuesto por la FAO, para los recursos genéticos forestales (FAO 1974a).

Los obstáculos prácticos con que tropieza la conservación de los recursos genéticos forestales suelen ser más importantes que los de orden biológico. Estos obstáculos prácticos se derivan de la falta de personal capacitado y de financiación, y, con frecuencia, sencillamente de la falta de información tanto sobre la necesidad de medidas de conservación como sobre la metodología de esta conservación. Entre otros obstáculos de tipo práctico figuran los resultantes del escaso interés del público y, por consiguiente, del insignificante apoyo político; entre ellos cabe citar la falta en algunos países de una política y legislación oficial para la conservación de los recursos genéticos forestales. Esto, sin embargo, radica con frecuencia en la falta de información que, a su vez, depende de la falta de personal profesionalmente calificado en este campo en los organismos gubernamentales responsables de la ordenación de los recursos forestales y, por consiguiente, se impone conceder prioridad a la capacitación y financiación de personal especializado en los países en desarrollo, los cuales, a su vez, pueden crear en los funcionarios del Estado y el público en general una mayor conciencia de la importancia de la conservación genética. Al mismo tiempo, habrá que prestar más atención a la divulgación, en varios idiomas, de la información sobre los métodos aplicables.

Existen varias publicaciones en las que se subraya la necesidad de medidas urgentes de conservación de los recursos genéticos forestales de las especies y ecosistemas tropicales. Sin embargo, es raro encontrar una publicación que presente datos cuantitativos sobre una metodología de la conservación. Quedan sin contestar las cuestiones sobre cómo hay que conservar los recursos genéticos de una especie o ecosistema particular. El motivo principal es que no se dispone de datos fundamentales y cuando se dispone de ellos no es de forma que puedan influir en las medidas de conservación. La síntesis y la codificación de los datos locales existentes en cuanto a la conservación de los recursos genéticos merece gran prioridad.

Los documentos y trabajos publicados sobre la metodología de la conservación de recursos genéticos forestales no suelen ser asequibles para los ordenadores de bosques de los países tropicales, donde precisamente hacen más falta. Se necesita un manual que trate de esta cuestión en forma práctica y que sea de fácil lectura, donde se den ejemplos concretos para los trópicos. El actual informe puede servir de base para este tipo de manual, que se modificaría y perfeccionaría a medida que se fueran acumulando datos sobre el tema.

Para decidir cuál es el método más apropiado para la conservación en las condiciones locales, hace falta aumentar mucho las investigaciones y la adquisición de datos de campo, especialmente en los trópicos y subtrópicos. Debe concederse prioridad a la obtención de datos de inventario exactos y actualizados como base para determinar la situación de la conservación de los ecosistemas y el grado de empobrecimiento genético de las especies que sufren una explotación o conversión extensiva, así como también a las investigaciones ecológicas y genéticas a largo plazo sobre especies importantes, investigaciones que deben incluir las relativas a la fisiología y almacenamiento de las semillas y a la elaboración de normas comunes para la certificación internacional de semillas.

En los programas de estudio, tanto a nivel universitario como a nivel técnico, hay que hacer mayor hincapié en la metodología de la conservación. Además, también hace falta apoyo y estímulo en el plano internacional con vistas a organizar reuniones y simposios sobre la conservación de los recursos genéticos forestales en los países tropicales donde los problemas referentes a esta labor son evidentes, pero las soluciones no. Actualmente la mayor parte de estas reuniones y simposios se suelen celebrar con apoyo financiero internacional, fuera de los trópicos.

Los departamentos gubernamentales y otras instituciones de los países tropicales responsables de la ordenación del patrimonio forestal necesitan ayuda financiera y asistencia técnica, así como los datos apropiados para incorporar en sus planes de ordenación forestal una metodología de la conservación de los recursos genéticos forestales y formar expertos indígenas en este campo. Debe estimularse a las instituciones que se ocupan de investigaciones afines en los trópicos mediante apoyo financiero, a orientar su interés más concretamente a los problemas de la conservación de los recursos genéticos forestales. Se debe estimular, mediante apoyo financiero, a las instituciones fuera de los trópicos que se ocupan de los problemas prácticos y teóricos de la conservación de los recursos genéticos forestales a ampliar sus actividades extendiéndolas a los ecosistemas forestales tropicales.

#### ASPECTOS INTERNACIONALES

El orden de prioridades, bien sea entre las diversas especies o entre los diversos métodos de conservación, varía según los países. Al mismo tiempo, el hecho de que muchas especies sean indígenas en ciertos países, mientras que en otros hayan sido introducidos, impone una coordinación internacional. El mejor medio de lograr esta coordinación sería adoptar un programa global para los recursos genéticos forestales como el que ha propuesto el Grupo de Expertos de la FAO sobre Recursos Genéticos Forestales (FAO 1974a). Este programa aseguraría la integración de las medidas de conservación con las actividades, igualmente importantes, de prospección, recogida y utilización. Al mismo tiempo se mejoraría la eficiencia gracias a la coordinación de los esfuerzos no sólo de los muchos países sino también de los varios organismos internacionales interesados en los recursos genéticos. Otra necesidad evidente es la de coordinar estrechamente todo programa de recursos genéticos forestales con los programas similares relativos a las plantas de cultivo. Esto puede conseguirse gracias a la dirección general de la recientemente creada Junta Internacional de Recursos Fitogenéticos que financia el Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional de quien depende.

En el Capítulo 12 se presentan las propuestas de un programa global de este tipo.

REFERENCIAS

- FAO. Informe de la Primera Reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos  
1969 Forestales. FAO. Roma.
- FAO. Informe de la Segunda Reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos  
1972 Forestales. FAO. Roma.
- FAO. Proposals for a global programme for improved use of Forest Genetic Resources.  
1974a FO/MISC/74/15. FAO. Roma.
- FAO. Informe de la Tercera Reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos  
1974b Forestales. FAO. Roma.

RECOMENDACIONES

L.R. ROCHE

Department of Forest Resources Management, University of Ibadan

RECOMENDACIONES GENERALES

1. La conservación de los recursos genéticos forestales debe considerarse como parte integrante de la ordenación forestal y, como tal, debe incluirse en los planes de ordenación forestal.
2. La conservación in situ es la forma ideal para la conservación de los ecosistemas en su totalidad y deberá aplicarse siempre que sea factible. No siempre es posible desde el punto de vista práctico y, en estos casos, deberán elaborarse medidas ex situ para las especies de importancia económica potencial.
3. Los servicios forestales gubernamentales de ciertos países han elaborado una metodología de la conservación in situ de los recursos genéticos forestales en Reservas Naturales Integrales, que forma parte integrante de sus planes de ordenación forestal. Esta metodología deberá extenderse a muchos de los ecosistemas actualmente en peligro y especialmente a los ecosistemas de las frondosas tropicales.
4. En algunos países, las Reservas Naturales Integrales tienen un "status" jurídico que garantiza su inviolabilidad. En otros no, y, por consiguiente, las zonas reservadas están expuestas a perturbaciones más o menos importantes y, con mucha frecuencia, a la destrucción total. Por lo tanto, los países en donde no existan en vigor leyes forestales que garanticen la inviolabilidad de los ecosistemas forestales en peligro, deberán tomar las medidas necesarias para promulgar la legislación apropiada. Las organizaciones internacionales deben estimular por todos los medios las medidas a este respecto.
5. Siempre que sea posible, la conservación de los recursos genéticos forestales deberá combinarse con otros objetivos de conservación, tales como la conservación de la fauna silvestre y de las cuencas hidrográficas, así como los Parques Nacionales.
6. La conservación de los recursos genéticos forestales no sólo depende de la conservación de las poblaciones en peligro en Reservas Naturales Integrales, sino también de su eventual cultivo y domesticación. Actualmente, los programas de investigación concebidos para obtener datos que permitan el cultivo y la domesticación de especies tropicales y subtropicales importantes son totalmente insuficientes y deben ser ampliados.
7. En los países en desarrollo, la introducción de una silvicultura privada, basada en la plantación de especies exóticas de crecimiento rápido para reemplazar a los barbechos arbustivos situados fuera de las reservas forestales, podría aliviar la presión ejercida en favor de la conversión de las reservas de bosque alto en plantaciones. Una tal política podría, a la larga, ser sumamente rentable para la conservación de los recursos genéticos forestales y, por lo tanto, debe fomentarse.
8. Se deben elaborar programas de investigación sobre el ensayo y almacenamiento de semillas de especies forestales tropicales. Al mismo tiempo, habría que establecer normas de análisis y certificación con una nomenclatura correspondiente para garantizar la repetibilidad del material genético.

9. En algunos países, los trabajos necesarios, por una parte, para el mantenimiento de las reservas naturales integradas existentes y el establecimiento de otras nuevas y, por otra parte, para la plantación y mantenimiento de los rodales de conservación ex situ justificarían el nombramiento a plena dedicación de un oficial forestal encargado de todas las actividades de la conservación de los recursos genéticos forestales. En los países en desarrollo, las actividades de este oficial forestal deberían financiarse, cuando así proceda, recurriendo a fondos internacionales.

10. La información obtenida de todas las fuentes, por ejemplo, literatura especializada, inventarios forestales y registros herbarios, sobre especies amenazadas debería sintetizarse en forma parecida a la de las fichas de descripción del IUCN "Data Book" sobre angiospermas o a la utilizada por el Grupo de Trabajo de la IUFRO sobre Conservación de Recursos Genéticos. Sin embargo, tiene importancia igual el señalar esta información a la atención del personal de los servicios forestales gubernamentales responsables de las medidas de conservación. Por lo tanto, haría falta conseguir apoyo financiero para la publicación y la difusión de la información.

11. Los principios de la conservación de los recursos genéticos forestales deberían formar parte integrante de los cursos que se imparten en las universidades y escuelas de montes sobre ordenación forestal. Se debe fomentar la organización de conferencias y simposios sobre este tema y prestarles apoyo financiero.

12. Las medidas tendentes a la conservación de los recursos genéticos forestales deben ir acompañadas del archivo de las informaciones sobre los citados recursos y, por consiguiente, es indispensable que cada una de las instituciones interesadas elabore un sistema que permita el acopio, archivo y localización de la información. Ya se han elaborado sistemas de este tipo que podrían imitarse, con las modificaciones correspondientes, para responder a las necesidades locales. Al principio, habría que establecer un proyecto piloto en una institución que se ocupe ya de estas cuestiones y que cuente con ordenadores.

#### PROPUESTAS PARA UNA ACCION INTERNACIONAL

El programa mundial para los recursos genéticos forestales, propuesto por el Grupo de Expertos de la FAO en su Tercera Reunión (FAO 1974a), es un proyecto quinquenal del cual la conservación forma parte integrante, así como otras operaciones esenciales tales como la prospección, recogida, utilización y documentación. Se recomienda que se adopte como base para la acción internacional que se emprenda en los cinco años próximos y que se financie en la medida de lo posible.

Es imperativo que los planes de acción en favor de los recursos genéticos forestales se coordinen estrechamente con planes complementarios relativos a las plantas de cultivo. La Junta Internacional de Recursos Fitogenéticos, creada recientemente y que está financiada por el Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (GICAI) de quien depende, aporta los medios para una coordinación y dirección general de estos planes.

Para muchas especies forestales, la elaboración de una metodología fiable para la conservación de los recursos genéticos está todavía esperando los resultados de las investigaciones. Sin embargo, la urgencia del problema exige una acción inmediata. El programa mundial que se proyecta iniciar durante el quinquenio 1975-79, debe considerarse, por consiguiente, como una fase piloto conducente a un programa a largo plazo muy ampliado. Los progresos realizados deberán evaluarse a finales del citado quinquenio y los resultados conseguidos servir de base para planes ulteriores.

Las propuestas de acción relativas a la conservación, que se incluyen en el programa global se resumen en dos grupos:

- A. Medidas que financiará directamente el PNUMA
- B. Propuestas de acción relacionadas con la conservación que podría financiar el PNUMA u otros organismos internacionales o bilaterales.

A. Propuestas de acción que financiaría directamente el PNUMA

	<u>Costo total</u> (en miles de dólares EE.UU.) en 5 años
1) Recogida de semilla para la conservación <u>ex situ</u>	125
2) Costos de establecimiento de los rodales de conservación <u>ex situ</u> de dos <u>Pinus</u> spp. y de dos <u>Eucalyptus</u> spp., diez procedencias en 11 países en desarrollo	356
3) Elaboración de proyectos piloto para la conservación <u>in situ</u> en América Central, Brasil, India, Africa occidental y Africa oriental	310
4) Divulgación de la información sobre conservación de los recursos genéticos forestales	60
Total	851

B. Propuestas de acción relacionadas con la conservación para la financiación por el PNUMA y otros organismos

1) Investigaciones sobre almacenamiento y manipulación de semillas	250
2) Investigaciones sobre archivo y localización de datos	250
3) Establecimiento de prototipos de rodales para la selección/conservación <u>ex situ</u>	63
4) Evaluación de la necesidad de crear centros internacionales de genes de especies forestales	50
Total	613

REFERENCIAS

FAO. Propuestas de un programa global para mejorar la utilización de recursos genéticos forestales. FO: MISC/74/15. FAO. Roma.

GLOSARIO

Compilado, con algunas modificaciones, tomado principalmente de las publicaciones siguientes:

Allard, R.W. Principles of Plant Breeding. John Wiley and Sons, Inc. 485 p.  
1960

Knight, R.L. Dictionary of genetics. Chronica Bolenica Co. Waltham. Mass. EE.UU.  
1948

Snyder, E.B. Glossary for tree improvement workers. Southern For. Exp. Sta. USDA.  
1959

---

**ADAPTACION:** Proceso de reajustes evolutivos (genéticos) que permiten que los grupos biológicos se adapten a su medio ambiente. Con frecuencia la estructura o función modificada se califica también de adaptación.

**AGRI-SILVICULTURA:** Véase Taungya.

**ALELO:** Uno de los genes de una serie que puede estar situado en una cierta posición (locus) de un determinado cromosoma. Los efectos alternativos (Mendelianos) sobre el mismo carácter los producen diferentes alelos como, por ejemplo, en los brinzales verdes o albinos. Si la serie contiene más de un par de alelos, los genes se denominan "alelos múltiples". Son el resultado de mutaciones repetidas de un gene, cada una de ellas con efectos diferentes. No puede haber presente más de dos alelos en un determinado organismo diploide.

**ANEMOFILAS:** Plantas polinizadas por el viento.

**ARBORETUM DE MEJORA GENETICA:** Zona en la cual se establecen árboles, o especies, seleccionadas para la mejora genética. Cuando la colección se conserva vegetativamente se llama algunas veces banco de clones. El espaciamiento, cuidados culturales y las prácticas de protección tienen por objeto estimular una floración temprana y prolífica para la polinización regulada y la recolección de semillas.

**AUTOFECONDACION:** Fusión de los gametos masculino y femenino procedentes de los mismos individuos.

**AUTOFERTILIDAD:** Capacidad de producir semilla por autofecundación.

**AUTOGAMA:** Planta que se autofecunda.

**AUTOGAMIA:** Autofecundación.

**AUTOINCOMPATIBILIDAD:** Obstáculo fisiológico a la autofecundación, regulado genéticamente.

**BOSQUE DE SEGUNDO CRECIMIENTO:** Bosques resultantes de una interferencia del hombre en el bosque de primer crecimiento.

**CARACTER:** Particularidad o rasgo distintivo, pero no necesariamente invariable, de todos los individuos de un grupo, susceptible de describirse o medirse como, por ejemplo, el color, la altura, el rendimiento. El carácter de un individuo determinado puede tener un cierto fenotipo (estado) determinado por el genotipo del individuo y el medio ambiente.

- CERTIFICADA:** Se dice de la semilla o propágulos comerciales producidos en condiciones que se ajusten a normas especificadas garantizadas por un certificado de un organismo oficial.
- CLIMAX:** Fase final y estable de la sucesión evolutiva de una planta en un ambiente determinado.
- CLINE:** Gradiente geográfico de un carácter fenotípico o de un genotipo dentro del habitat de una especie. La detección de un cline genético exige un ensayo en un solo medio ambiente. En general, la variación clinal es el resultado de un gradiente ambiental. Las porciones de poblaciones que manifiestan este tipo de modificaciones clinales (continuas), de una región a otra, no deben designarse como ecotipos, razas o taxa.
- CROMOSOMA:** Corpúsculo microscópico, en general basiliforme, que es portador de los genes. Su número, tamaño y forma suelen ser constantes para cada especie.
- DIOICAS:** Plantas en las cuales las flores masculinas y las flores femeninas se producen en diferentes individuos.
- DISGENETICO:** Perjudicial para las calidades genéticas de las generaciones futuras. El término se aplica especialmente para el deterioro ocasionado por el hombre como, por ejemplo, las pérdidas resultantes de la sobreexplotación de una masa.
- ECOSISTEMA:** Sistema autoregulador de poblaciones de plantas, animales y de sus ambientes que reaccionan los unos a los otros. Se emplea cada vez más en lugar de biocenosis.
- ECOTIPO:** Raza adaptada a la acción selectiva de un medio ambiente particular. La mayoría de las diferencias entre ecotipos no se manifiestan más que cuando los diferentes ecotipos se ensayan en un medio ambiente uniforme. Los ecotipos pueden ser climáticos, edáficos, etc.
- ENDOGENA:** Que nace en el interior del órgano que la engendra.
- ENTOMOFILA:** Planta polinizada por insectos.
- EPIFITO:** Planta que germina sobre otras plantas, sin ser parásitas.
- ESPECIE:** Unidad de la clasificación taxonómica en la que se subdividen los géneros. Un grupo de individuos similares diferentes de otros conjuntos de individuos similares. En los organismos que se reproducen sexualmente, es el grupo de inter cruzamiento máximo aislado de las otras especies por obstáculos de esterilidad o de aptitud a la reproducción.
- FECUNDACION:** Unión del núcleo y de otros constituyentes celulares de un gameto masculino (esperma) con los de un gameto femenino (óvulo) para formar un cigoto. En determinadas especies, la fecundación puede producirse varios meses después de la polinización.
- FENOLOGIA:** El estudio de las reacciones entre el desarrollo de la planta y los cambios climáticos estacionales, tales como temperatura o duración del día, especialmente en lo que dichos cambios afectan a fenómenos periódicos tales como la foliación, floración y latencia.

- FENOTIPO:** La planta o el carácter de una planta tal como los vemos; estado, descripción o grado de expresión de un carácter; el producto de la interacción de los genes de un organismo (genotipo) con el medio ambiente.
- FONDO DE GENES:** Información genética total que poseen los miembros reproductores de una población de organismos que se reproducen sexualmente.
- FORMA BIOLÓGICA:** La forma de vegetación característica de una planta; árbol, arbusto, hierba, trepadora, etc.
- FRECUENCIA DE LOS GENES:** Proporción en la cual se encuentran los alelos alternativos de un gene en una población.
- GAMETO:** Célula sexual madura, bien sea el espermatozoide, bien sea el óvulo.
- GENE:** La unidad más pequeña transmisible del material genético firmemente asociada con un solo efecto genético específico. Los genes son ultramicroscópicos y actúan como si estuvieran dispuestos en línea en lugares fijos (loci) sobre el cromosoma. Por interacción con otros genes y con el medio ambiente, cada uno de los genes gobierna cierto efecto fisiológico en la célula y se expresa en forma de uno o más caracteres.
- GENECOLOGÍA:** El estudio de la variación dentro de una especie, basada en la genética y en correlación con el hábitat.
- GENOTIPO:** La constitución genética completa de un individuo.
- GRADO/DÍA:** Número de grados por encima de un determinado umbral, por ejemplo, de 10°C por día, multiplicado por el número de días necesarios para producir un efecto biológico determinado.
- HERMANOS (SIBS):** Descendientes de los mismos genitores derivados de diferentes gametos. Semi-hermanos (semifratrias) descendencia con un genitor común.
- HETEROGENEIDAD:** Disimilitud entre los miembros de un grupo.
- HETEROSIS:** Vigor híbrido que se manifiesta cuando el fenotipo híbrido de la F1 supera en vigor a sus progenitores. Desde el punto de vista estadístico: un aumento en comparación con el promedio de los progenitores. En general se aplica a caracteres tales como el tamaño o buen crecimiento general de las plantas.
- HETEROZIGOTO:** Que posee una o varias series de alelos desemejantes, por ejemplo, una célula o una planta Aa es heterocigota mientras que las AA y aa son homocigotas. Se refiere también a diferencias en la disposición de los genes sobre los cromosomas. Un organismo heterocigoto no se reproduce con fidelidad y se califica de híbrido con respecto a los genes en cuestión.
- HÍBRIDO:** Es el producto de un cruzamiento entre genitores de constitución genética diferente.
- HOMOZIGOTO:** Que posee alelos semejantes en los correspondientes loci sobre cromosomas homólogos. Un organismo puede ser homocigoto en uno, varios, o todos los loci.
- INTERACCIÓN GENOTIPO/MEDIO AMBIENTE:** Incapacidad de las poblaciones diferentes de una especie de mantener los mismos rasgos relativos y nivel de diferencias cuando se los ensaya en diferentes ambientes. Esta interacción se determina mediante la plantación en más de un lugar y en diversas condiciones culturales.

- ISOENZIMA:** Formas múltiples de una sola enzima. La presencia o ausencia de isoenzimas puede indicar la existencia de variabilidad genética. Método que se utiliza cada vez más para evaluar la variación intraespecífica de las especies forestales.
- MEDIO AMBIENTE:** Conjunto de condiciones externas que influyen en el crecimiento y el desarrollo de un organismo.
- MEJORAMIENTO GENETICO DE LOS ARBOLES FORESTALES:** Aplicación de los principios de la genética a la producción de árboles de caracteres específicos. En el sentido más estricto, se aplica a la multiplicación por polinización artificial; en el sentido más amplio, se refiere a sistemas de mejoramiento muy variados: desde la recogida de semillas procedentes exclusivamente de los mejores árboles o de las mejores fuentes de semillas (selección masiva) hasta los programas muy refinados de polinización regulada de fases múltiples y en generaciones múltiples.
- MONOICA:** Carácter de una planta cuyas flores estaminadas y pistiladas (masculinas y femeninas) concurren separadamente en la misma planta.
- MUTACION:** Cambio repentino y hereditario de la constitución genética o de la estructura del cromosoma.
- NICHO (HABITACULO):** Ambiente localizado donde se combinan factores ecológicos que favorecen la sobrevivencia permanente de alguna determinada población. Un habitat de este tipo puede ser discontinuo o formar parte de un gradiente. Algunos nichos se caracterizan por favorecer la aparición de híbridos, mutantes, etc., que no encontrarían condiciones favorables en otros ambientes.
- POBLACION:** Genéticamente, un grupo de individuos similares que tienen un origen común y cuya gama está limitada por factores endógenos o ecológicos de forma que pueden considerarse como una unidad. En los organismos obtenidos por hibridación, la población se define, con frecuencia, como grupo de inter-cruzamiento.
- POLINIZACION CRUZADA:** Polinización de una planta con polen procedente de otra planta genéticamente diferente.
- PROCEDENCIA:** Origen geográfico de una fuente de semillas, de polen o de propágulos.
- PROPAGULO:** Parte de una planta como, por ejemplo, yema, tubérculo, raíz o brote utilizados para la reproducción vegetativa de un individuo.
- RAZA:** Población que, dentro de una especie presenta características genéticas generales discontinuas y distintas de las de otras poblaciones. En general, es una unidad de inter-cruzamiento. Cuando las características distintivas de una raza son adaptables, el término es sinónimo de ecotipo, y la raza se describe de igual manera; por ejemplo, climática, edáfica, etc.
- REPRODUCCION ASEXUAL:** Reproducción sin fecundación, a partir de órganos vegetativos tales como tubérculos, bulbos, tallos enraizados; o a partir de partes sexuales, tales como, óvulos no fecundados u otras células del óvulo.
- SELECCION:** Con frecuencia sinónimo de selección artificial que es la elegida por el mejorador de individuos de una gran población con vistas a su multiplicación. La selección artificial puede tener como objetivo uno o varios caracteres deseables y basarse en el propio árbol (fenotípica) o en la descendencia u otros individuos emparentados con el árbol (genotípica).

- SINGAMIA:** La unión de los núcleos de dos gametos después de la fecundación para producir un núcleo de cigotos.
- SINUSIA:** Comunidad natural de especies pertenecientes a grupos de la misma forma biológica y con necesidades ecológicas uniformes.
- SISTEMA DE REPRODUCCION Y DE MEJORAMIENTO GENETICO:** Una de las combinaciones por las cuales los individuos se disponen por pares conducentes a la reproducción sexual:
- 1) Cruzamiento fortuito - apareamiento de los individuos debido al azar;
  - 2) Cruzamiento entre individuos genéticamente análogos - cruzamiento entre individuos de parentesco más cercano del de los que se aparean al azar;
  - 3) Cruzamiento entre individuos genéticamente diferentes - cruzamiento entre individuos de menor parentesco que en el caso del cruzamiento fortuito;
  - 4) Cruzamiento entre fenotipos idénticos - cruzamiento entre individuos más parecidos en apariencia que el promedio;
  - 5) Cruzamiento entre fenotipos desemejantes - cruzamiento entre individuos menos parecidos en apariencia que en el caso del cruzamiento fortuito.
- SUCESION:** Suplantación gradual de una comunidad de plantas por otras.
- TAUNGYA:** Sistema de agricultura en el que se combina la silvicultura con cultivos alimenticios. Cuando la cubierta forestal se cierra, se suspenden las actividades agrícolas en la zona hasta que se cortan los árboles, después de lo cual se restablece otra vez el ciclo.
- VARIACION GEOGRAFICA:** Las diferencias fenotípicas entre árboles indígenas de una especie que crece en diferentes partes de su habitat. Cuando las diferencias se deben más bien a la constitución genética que al medio ambiente, la variación se suele calificar de racial, ecotípica, clinal, etc.
- ZIGOTO:** El óvulo fecundado; alguna vez también el individuo resultante. El número de cromosomas en el cigoto suele ser normalmente diploide (2n).
- ZONA DE RECOGIDA DE SEMILLAS:** Zona destinada a la recogida de semillas ocupada por árboles de composición genética (racial) relativamente uniforme como se ha podido determinar por el ensayo de la descendencia con semillas de diversas fuentes. La zona abarcada suele tener límites geográficos y condiciones climáticas y de crecimiento bien definidos, por ejemplo, una cierta gama de altitudes. Una sola raza geográfica puede estar repartida en varias zonas.

