

La base genética y la conservación de genes

**¿QUÉ ES LA CONSERVACIÓN DE GENES?
CONSERVACIÓN DE GENES Y COMPLEJOS GÉNICOS
CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS**

Razones de la pérdida de recursos genéticos

Metodología de la conservación

Conservación in situ

Conservación ex situ

CONSERVACIÓN DE PROCEDENCIAS DENTRO DE UNA ESPECIE

CONSERVACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE ÁRBOLES INDIVIDUALES

LA SITUACIÓN ESPECIAL DE LAS REGIONES TROPICALES

POLÍTICA DE CONSERVACIÓN

BIBLIOGRAFÍA

A corto plazo, el principal objetivo del genetista forestal es manipular la variabilidad presente en una población de árboles forestales para producir mayor cantidad de árboles con características convenientes de crecimiento, forma o adaptabilidad. Al hacerlo así, la base genética en general se mantiene o disminuye en el caso de características económicamente importantes, o bien se mantiene o aumenta en el caso de aquellas características que afectan la adaptabilidad. Cualquier programa de mejoramiento genético forestal llevado a cabo por muchas generaciones, alcanza finalmente una fase estacionaria más allá de la cual no es posible obtener más logros significativos a menos que se tomen medidas que aseguren el mantenimiento y aumento de una variabilidad genética suficiente. Por lo tanto, para que un programa de mejoramiento genético forestal a largo plazo sea fructífero, es fundamental empezar con una *base genética amplia* y utilizar un programa de mejoramiento genético *que conserve el potencial genético* ya existente en la población.

Es fundamental reconocer que a través del mejoramiento genético puede reducirse la base genética para ciertas características económicamente importantes como la rectitud del fuste del árbol y, al mismo tiempo, desarrollar árboles con una gran adaptabilidad que se exprese a través de un buen crecimiento sostenido, una buena resistencia a las plagas y adaptabilidad a ambientes adversos. Esto es posible debido a que en la mayoría de las especies existe una independencia genética considerable entre las diferentes características económicas y aquéllas relacionadas con la adaptabilidad. Los objetivos deseados pueden lograrse utilizando ya sea una procedencia que muestre la adaptabilidad necesaria dentro de la cual se practique la selección de características económicamente convenientes o, viceversa, seleccionando intensivamente las características de este tipo y eligiendo entonces los individuos dentro de la población seleccionada que muestren la adaptabilidad deseada.

El procedimiento que debe seguirse depende de las necesidades y objetivos de la empresa en cuestión y de la especie de interés. Lo que es básico para ambos procedimientos, es que el programa de mejoramiento genético debe diseñarse para conservar los genes y complejos génicos de valor a fin de aumentar al máximo las ganancias a largo plazo en adaptabilidad y características económicamente importantes. Por lo tanto, deben tomarse precauciones a fin de que las ganancias potenciales del programa no sean limitadas por una reducción de la base genética o por los efectos de la depresión por endogamia que resulta de cruces entre individuos emparentados. Es evidente que ningún método individual de conservación de genes o de complejos génicos puede utilizarse en todas las circunstancias. El mejor procedimiento sería utilizar todos los métodos disponibles de conservación de genes, pero el costo y las limitaciones de espacio impiden por lo general esta alternativa. El saber qué tan pronto ocurrirán problemas serios por utilizar los métodos habituales de mejoramiento genético, depende de la intensidad de selección utilizada, el tamaño de la población y el número de generaciones del programa en curso.

En capítulos anteriores se señaló que todos los programas de mejoramiento genético forestal exitosos deben poseer una fase operativa o de aplicación y una fase de desarrollo o de investigación. La mayor parte de este libro ha tratado los aspectos operativos del mejoramiento genético forestal. En este capítulo se subrayan las actividades

de conservación genética necesarias para asegurar una fase operativa eficiente y progresiva a largo plazo.

La conservación genética, tal como se aplica al progreso y eficiencia de un programa de mejoramiento genético forestal, difiere un poco del objetivo de conservar genes para algún propósito futuro general pero indefinido. En este capítulo se estudiará principalmente la importancia de la conservación genética en los programas de mejoramiento genético forestal aplicado, aunque se cubrirá también el procedimiento más convencional de conservación genética.

¿QUÉ ES LA CONSERVACIÓN DE GENES?

Es difícil estudiar la conservación genética en una forma ordenada y racional debido a que este tema a veces se torna muy emotivo. Muchas personas comparan la conservación genética con la necesidad de prevenir la extinción de una especie o una procedencia de una especie. A veces se hacen reclamaciones enérgicas y no respaldadas (véase Zobel y Davey, 1977). Aunque existen raras excepciones, el problema usualmente enfrentado no es la extinción de una especie sino más bien la reducción de una especie o parte de ella, a tal grado que disminuye su potencial genético. Para el fitomejorador, este aspecto se relaciona estrechamente con la conservación de aquellos genes y complejos génicos que tienen un valor económico actual, o quizás futuro, y asimismo son importantes para las características de adaptabilidad (Zobel, 1971, 1978). El problema es grande y real debido a que, como Kemp y colaboradores (1976) lo han señalado, los objetivos generales con los cuales los conservacionistas están relacionados con frecuencia sólo pueden suponerse y no identificarse positivamente. El genetista forestal debe ser cuidadoso y conservador debido a que una vez que se pierde un acervo o un complejo génicos, jamás se recuperan.

Cuando una especie verdaderamente peligró al grado de que se enfrenta a la extinción, casi todo mundo está de acuerdo en que deben hacerse todos los esfuerzos por salvar la mayor parte de ella tan rápida y eficazmente como sea posible. Por ejemplo, Keiding (1977) ha mencionado que están en peligro de extinción tres especies de pino y una de teca; ciertamente, estas especies están siendo amenazadas seriamente por el agotamiento de los recursos genéticos y por la contaminación a partir de especies relacionadas. Sin embargo, la situación habitual es que sólo una parte de una especie es puesta en peligro debido a que su acervo génico está en riesgo de quedar tan reducido que se perderán algunos genes o complejos génicos (Kleinschmitt, 1979). Un ejemplo de dicha situación fue estudiada en *Eucalyptus* por Turnbull (1977), quien señaló que ninguna de las 450 especies que existen en el género está en peligro de extinción, sino sólo unas cuantas se enfrentan claramente a un empobrecimiento genético extremo. Otro ejemplo está en Centroamérica, donde unas cuantas especies están en verdadero peligro y varias especies poseen procedencias que están siendo agotadas seriamente desde el punto de vista genético (figura 15.1). El material genético de esta área es una fuente primordial para plantación en Sudamérica y otras regiones tropicales. Por lo



Figura 15.1 Existen numerosas razones para explicar por qué las fuentes dentro de las especies, están en peligro de perder material genético en Centroamérica. La fotografía muestra un leñador con una carga de leña. Los bosques están siendo sobreexplotados para obtener combustible en las áreas secas, especialmente aquellas próximas a las poblaciones.

tanto, el empobrecimiento genético en Centroamérica tendrá una importancia económica y biológica muy grande. De hecho, el interés por la coníferas de Centroamérica fue tan grande que se formó la cooperativa internacional CAMCORE¹ (Gallegos y colaboradores, 1980; Dvorak, 1981), la cual incluye compañías y gobiernos de ocho naciones para ayudar a conservar los recursos genéticos de los árboles en peligro.

Por tanto, la *conservación genética* se relaciona con las actividades dirigidas a conservar los acervos genéticos a fin de prevenir la pérdida de genes, complejos genéticos y genotipos y, en casos extremos, prevenir la extinción de categorías taxonómicas enteras de árboles. Para una mejor referencia y precisión, el término *conservación genética* se utilizará en este libro en lugar del término *preservación genética*. Sin embargo, es importante reconocer que algunos autores y empresas utilizan estos términos como sinónimos y de modo intercambiable.

¹ CAMCORE significa Cooperativa de Recursos de Coníferas de México y Centroamérica.

CONSERVACIÓN DE GENES Y COMPLEJOS GÉNICOS

La literatura se refiere por lo general a la *conservación genética*, pero esto puede ser un poco engañoso. Casi todas las características económicamente importantes de los árboles están controladas por los alelos de varios loci genéticos. Existen pocos casos en los cuales una característica importante de los árboles forestales esté bajo el control de un solo gen, como ciertas características de resistencia a las enfermedades, pero éstas son la excepción. En realidad, entonces, los esfuerzos que se hacen por conservar los genes suelen incluir la conservación de complejos genéticos enteros que hacen que un árbol sea económicamente adecuado y esté adaptado a las plagas y otros factores del ambiente (Zobel, 1978). En este sentido, el complejo genético *no es lo mismo* que el genotipo del individuo; se relaciona con la acción o acciones de los genes para características específicas. La conservación, control, combinación y uso de complejos genéticos es un concepto clave del mejoramiento genético forestal.

A pesar de las controversias asociadas con la conservación de genes o complejos genéticos, existe un hecho en el cual todo mundo está de acuerdo: la conservación del



Figura 15.2 Un tipo de pérdida genética que suele pasar desapercibida es el resultado de la corta diferencial o selectiva. Con frecuencia son talados todos los mejores árboles de las especies convenientes, y lo que queda del rodal se deja regenerar. El rodal observado está completamente degradado y casi llega al punto de no poder crecer debido a una serie de cortas selectivas, aun cuando esté en un sitio excelente. Ocurren dos tipos de pérdidas genéticas: (1) pérdida de especies convenientes, y (2) pérdida de los mejores genotipos de los árboles de la especie conveniente que han quedado.

material genético es de importancia fundamental para el mejoramiento genético forestal si se desean obtener ganancias máximas a largo plazo (Burley y Namkoong, 1980). Sin embargo, existen grandes diferencias de opinión en torno a qué complejos deben conservarse y la mejor manera de lograr esto. Existe una diferencia importante entre aquellos forestales que definen la conservación génica como la acción de *conservar todos los genes o complejos génicos posibles dentro de una especie o raza*, y quienes la consideran como *la conservación de aquellos genes o complejos génicos que serán más útiles en un programa de mejoramiento genético forestal a largo plazo*. Un argumento importante sostenido por el primer grupo es: ¿quién sabe en qué momento algún determinado gene o complejo génico podría volverse conveniente? Las personas más prudentes insistirán en que se conserve todo el material genético posible dentro de la población, una acción ideal que es obstaculizada por el hecho de que la conservación de *todos* los genes y complejos génicos dentro de una especie es bastante impráctica debido a las limitaciones de espacio, tiempo y dinero. En efecto, en un programa de mejoramiento genético, las ganancias se obtienen cambiando las frecuencias génicas; el objetivo es aumentar las frecuencias génicas de las características deseables y reducir las de las características indeseables.

Por lo tanto, debe tomarse una decisión acerca de qué genes o complejos génicos son convenientes, y éstos deben tener la mayor prioridad para ser conservados. Esto es realmente difícil, especialmente cuando se considera aquello que podría ser útil o necesario en generaciones futuras. A veces los conservacionistas pretenden salvar los genes que estén relacionados principalmente con la adaptabilidad. Estos genes son vitales, pero con frecuencia no son para las características que están en peligro. Cuando se hace una mala corta, la cual suele ocurrir en sistemas de corta selectivos mal ejecutados, las características que corren el peligro de perderse son las de importancia económica, como la rectitud del fuste del árbol, el tamaño pequeño de las ramas, las cualidades deseables de la madera o algún otro factor (figura 15.2). Cuando se ponen en peligro estas características, es razonable y esencial conservarlas al igual que aquéllas a las cuales usualmente se les concede mucha importancia y que están relacionadas con la adaptabilidad a plagas y ambientes adversos.

El concepto de que todo gen o complejo génico posible debe conservarse, lleva a sugerir que los rodales silvestres deben preservarse. El método es eficaz, pero resulta en la inmovilización de áreas muy grandes, lo cual es un procedimiento muy ineficaz si se considera que los mismos complejos génicos pueden conservarse para su uso posterior cuando se incorporan mediante mejoramiento genético en un número limitado de individuos de un banco clonal o área de reserva. Esencialmente, todo árbol o genotipo individual de una población es genéticamente distinto, aunque muchos comparten ciertos genes o complejos génicos. El objetivo de un programa de conservación génica debe ser conservar genes y complejos génicos, no necesariamente genotipos.

CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS

La necesidad de conservar el material genético de los árboles forestales es evidente e indiscutible (Burley, 1976). Las razones de esta necesidad son a veces discutibles,

y los métodos de conservación que deben adoptarse provocan discusiones acaloradas. Sin embargo, es crítica la necesidad de conservar el material genético para utilizarlo y adaptarlo a las necesidades futuras imprevistas.

Razones de la pérdida de recursos genéticos

Existen numerosas razones para explicar por qué la necesidad de preservar los recursos genéticos del bosque es tan importante y está llegando a ser rápidamente un factor de suma importancia. Cualquier acción que destruya parcial o totalmente un bosque, puede conducir a una situación peligrosa. Los agentes destructores son muchos, por ejemplo: insectos, enfermedades, corta para leña, tala, desmonte para la agricultura, crecimiento urbano, incendios, tormentas y otros desastres naturales contribuyen cada uno con su parte. Los daños no pueden atribuirse a uno solo de estos factores. Se piensa a veces que la práctica de erradicar los bosques nativos del sureste de los Estados Unidos y sustituirlos por pinos reduce la base genética de las latifoliadas hasta el grado de poner en peligro a la especie; sin embargo, este punto de vista ha sido puesto en duda por Popovich (1980), quien cita la pequeña cantidad de monocultivos en el sur y el hecho de que las latifoliadas siempre forman parte de las plantaciones de coníferas.

La situación más comprometedor ocurre en las poblaciones de árboles forestales con áreas de distribución restringidas o donde existen poblaciones dispersas. Esto puede ocurrir en el caso de ecotipos poco comunes en sitios restringidos o algunas veces en el de especies endémicas completas y restringidas. En estas circunstancias, no sólo se ponen en peligro los genes o complejos génicos, sino que también podrían desaparecer totalmente especies y poblaciones enteras únicas. Algunas proveniencias o especies de árboles forestales han quedado reducidas a unos cuantos centenares de sobrevivientes.

El problema de la conservación ha llegado a ser especialmente crítico en las áreas secas tropicales, donde la única fuente de energía económicamente aceptable es la leña. Los leñadores cortan sistemáticamente los árboles más cercanos y luego abandonan sus aldeas, dejando atrás el bosque destruido (véase la figura 15.1). Puesto que estas áreas son por lo general cálidas y secas, la regeneración del bosque no es buena. Muchas veces se hace el intento de cultivar las áreas desnudas, lo cual destruye cualquier regeneración. Si no se practica la agricultura, casi siempre se utiliza el pastoreo, por lo general combinado con el fuego, y estos dos factores destruyen los nuevos árboles que hubieran podido establecerse. Las cabras y ovejas pueden considerarse entre los peores enemigos que tienen los bosques. Con frecuencia impiden el restablecimiento de los árboles en las áreas desmontadas y crean así un problema real para la conservación génica (Zobel, 1967).

Otro problema, que se reconoce localmente pero que suele no considerarse, es la destrucción de los bosques por una agricultura migratoria. Especialmente en las regiones tropicales, cada vez que se abren camino a través de los bosques, suele aparecer una multitud de colonizadores. Los bosques son talados, cultivados por un corto tiempo y abandonados después, cuando se han agotado los nutrientes residuales del suelo

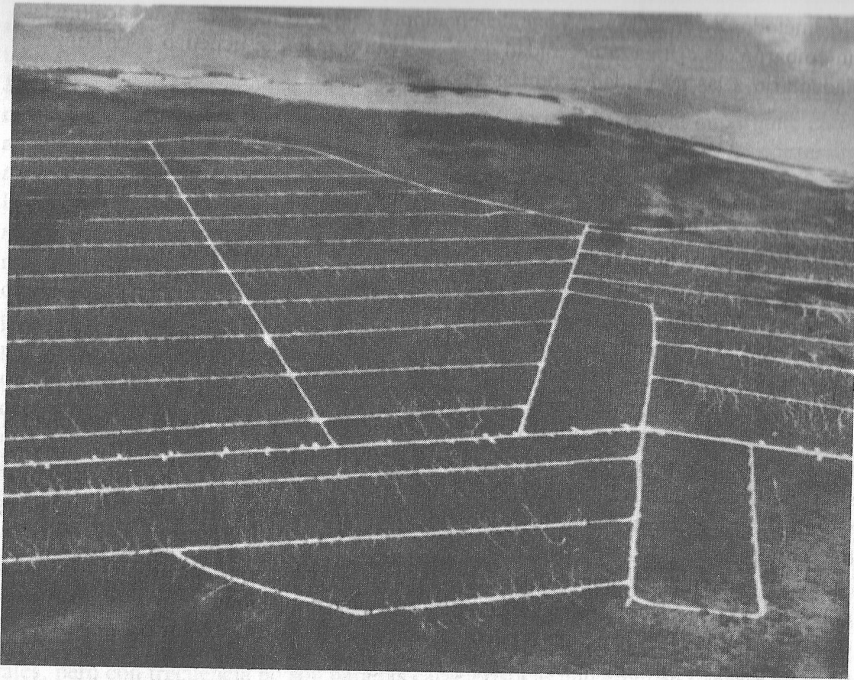


Figura 15.3 Muchas especies de pinos plantados en los trópicos se han originado en Centroamérica. La pérdida de los complejos génicos de esta área tiene un significado especial para la dasonomía tropical. La fotografía muestra una vista aérea de una operación de corta que acabó completamente con todos los árboles de *P. caribaea*. Después de la corta, la regeneración fue buena, pero un incendio subsecuente destruyó todos los árboles jóvenes. No quedó semilla alguna disponible. Obsérvense los caminos y las brechas de saca.

o una vez que la erosión ha removido el mantillo. Las pérdidas causadas por una agricultura migratoria son verdaderamente importantes en muchas áreas tropicales y son consideradas como causa principal de la destrucción de un bosque.

Cualquier tipo de destrucción a gran escala, como incendios, insectos, enfermedades o tormentas, despierta a veces un gran interés por las pérdidas genéticas. Sin embargo, lo que determina el grado de interés es lo que ocurre después del desastre. Si se llega a establecer un nuevo bosque, existe poco riesgo de que ocurran pérdidas genéticas; pero si la destrucción es tan grande que los árboles no pueden restablecerse, ocurren pérdidas genéticas importantes (figura 15.3). Por ejemplo, Zobel ha observado en Centroamérica incendios tan grandes (hasta de 200,000 ha) y tan severos que ha ocurrido poca regeneración natural del bosque. Este tipo de destrucción en masa es muy común en las áreas más secas y es una causa importante de pérdida de los recursos genéticos.

Existen numerosos ejemplos de pérdidas bastante grandes provocadas por insectos o enfermedades que amenazan causar pérdidas de potencial genético. Quizá el caso más notable sea la pérdida del castaño americano (*Castanea dentata*) de los bosques de latifoliadas en el oriente de los Estados Unidos, debido al tizón del castaño que fue causado por el hongo introducido *Endothia parasitica*. Alguna vez una especie ampliamente distribuida y bastante importante desde el punto de vista económico, el castaño americano ha desaparecido casi por completo, excepto por brotes ocasionales que mueren por lo general antes de que lleguen a la madurez reproductiva o por la presencia de un árbol muy raro que crece fuera del área de distribución de la especie. El complemento génico de esta especie se ha reducido a un grado tan peligroso que, para todos los fines prácticos, se ha perdido.

Otro ejemplo es la situación actual del abeto "Fraser" (*Abies balsamea*). Este árbol es una especie que está restringida naturalmente a unas cuantas cumbres del sur de los Montes Apalaches al oriente de los Estados Unidos. Tiene una considerable importancia económica como árbol de Navidad de alta calidad. Los rodales naturales de esta especie están actualmente amenazados por el áfido *Adelges piceae*. Con frecuencia, rodales naturales completos de abetos maduros son destruidos por esta plaga introducida. La reproducción por semilla es abundante, pero si los rodales son atacados y destruidos antes de que lleguen a la madurez reproductiva, los recursos del rodal podrían perderse. Esto sería grave desde los puntos de vista biológico, económico y estético.

Las actividades de corta por el hombre para obtener madera o pulpa, pueden destruir las base genética de las especies forestales. Si todos los árboles son cortados y esta acción va seguida de pastoreo o incendios frecuentes que impidan la regeneración, las pérdidas de genes pueden ser importantes (véase la figura 15.3). Otra pérdida menos reconocida se debe a la corta selectiva, en la que sólo se talan unas cuantas especies de gran valor que existen únicamente en poco número en cada hectárea (véase la figura 15.2). La regeneración se restringe y ocurren pérdidas genéticas importantes, aun cuando el bosque pareciera intacto. La falta de regeneración se debe en parte a la falta de una plantación conveniente de la especie deseada y a la competencia que se establece con otras especies menos deseadas que impiden el restablecimiento de la especie que se había cortado selectivamente. Existen una cuantas especies de zonas templadas así como numerosas especies de zonas tropicales en las que la pérdida de complejos génicos, resultado de la llamada corta selectiva, se ha vuelto, o pronto será, un factor crítico.

Metodología de la conservación

Existe una gran diversidad de opiniones en torno a cuál es el mejor método que debe utilizarse para preservar los recursos genéticos del bosque. Hablando en términos generales, los esfuerzos de conservación siguen uno o dos procedimientos generales: *in situ*, lo cual significa la conservación de árboles y rodales en poblaciones naturales, y *ex situ*, que se refiere a conservar los genes o complejos génicos en condiciones artificiales o cuando menos no en sus rodales nativos.

Conservación in situ. La conservación *in situ* parece ser muy popular; ciertamente, es la que más llama la atención y es mejor comprendida por personas no involucradas en el manejo de la tierra. Este método de conservación se aplica reservando y preservando los rodales de las especies o complejos deseados para prevenir pérdidas adicionales, por lo común debidas a actividades humanas. Uno de sus principales beneficios es la conservación de los ecosistemas. No existe ningún otro método eficaz de lograr la conservación de los ecosistemas más que a través de la "práctica *in situ*".

La filosofía de una estrategia de "no tocar" en lo más mínimo al rodal que va a conservarse es muy atractiva, pero no alcanza el objetivo deseado de mantener la estructura genética del rodal actual debido a los cambios dinámicos que ocurren en todos los rodales forestales. Si se deja que los rodales naturales crezcan de manera natural y no son manejados, el contenido de especies y la distribución del complejo genético cambiarán a medida que los rodales pasan a través de una etapa de sucesión a otra. Por ejemplo, muchas especies de pinos del bosque se han establecido como resultado de algún cambio ambiental pasado, por lo general drástico, causado por incendios, tornados, huracanes o desmonte para cultivo. Si se deja que actuales rodales de pino del sureste de los Estados Unidos crezcan libremente y no son manejados por el hombre, los bosques subclímax de pino suelen ser sustituidos gradualmente por latifoliadas y, con el tiempo, el componente pino desaparece o disminuye ampliamente. Así, si se pretende preservar y mantener los genes y complejos genéticos ya presentes en los rodales de pino, deben manejarse para detener la sucesión natural hacia un alto componente de latifoliadas. *Un requisito importante para la conservación in situ de los recursos genéticos*, que en general no es comprendido o es ignorado, es *manejar el rodal preservado para mantener la composición genética deseada*.

Uno de los aspectos menos entendidos del manejo de los rodales para la conservación *in situ* de los recursos genéticos es el tamaño del área. La actitud general parece ser que: "si pocos árboles son buenos, un número mayor de ellos son mejores", por lo que la mayoría de las áreas de conservación *in situ* son más grandes de lo realmente necesario. Los rodales de gran tamaño para la conservación *in situ* no son perjudiciales desde el punto de vista genético, pero imponen un gasto excesivo y lesionan la economía de la institución que realiza el esfuerzo de conservación así como la de la sociedad en general, debido a que son más difíciles de obtener productos forestales potencialmente útiles. No es necesario conservar cientos de miles de individuos que posean los mismos complejos genéticos deseados; como máximo, suelen ser suficientes unos cuantos miles de dichos árboles. Si estos individuos se conservan y manejan de modo que puedan regenerarse por sí solos, no hay necesidad de reservar miles de hectáreas para la conservación de genes.

El público, así como algunos forestales, confunden frecuentemente la *conservación de los bosques por razones ecológicas y estéticas* con la *conservación de los mismos para la conservación de genes*. El primer aspecto requiere por lo general grandes áreas, pero esto no debe interpretarse como la necesidad de áreas igualmente grandes para la conservación de genes *per se*. Por ejemplo, hoy en día existen propuestas para conservar vastas secciones de los bosques tropicales del Amazonas como "una medida de conservación genética". Las grandes áreas son deseables en la conservación ecológica,

pero no son necesarias para la conservación genética; algunos rodales forestales de tamaño moderado bien seleccionados son de gran utilidad para la conservación genética. Es sorprendente el número de personas que deseando preservar los bosques por una u otra razón, utilizan incorrectamente la conservación genética como la razón por la cual esto debe hacerse. Esta práctica obstaculiza los verdaderos esfuerzos de conservación genética y suele causar un antagonismo injustificado en contra del esfuerzo de conservación genética. En general, no es necesario reservar vastas áreas de bosques naturales para lograr el objetivo de conservación de genes.

Un problema común que acarrea la conservación *in situ* es que, con frecuencia, se protegen las poblaciones forestales inadecuadas. En vez de conservar las poblaciones verdaderamente en peligro, con frecuencia se seleccionan rodales que crecen a grandes altitudes o en otros sitios inadecuados debido a que son menos costosos, más fáciles de obtener o tienen el tamaño deseado. Al hacerlo así, se anula el objetivo de conservar las poblaciones que existen en los sitios más típicos. Debe tenerse mucho cuidado al momento de seleccionar los rodales para la conservación *in situ*.

Una de las dificultades de la conservación *in situ* en algunas áreas se debe a la contaminación del material genético deseado por fuentes emparentadas que se plantan cerca del área que va a conservarse. A medida que los bosques plantados sean más comunes, el riesgo de que ocurra dicha contaminación aumenta. Se ha dicho, por ejemplo, que en varios países de Europa occidental no existen pinos "Scots" verdaderamente indígenas debido a una completa mezcla entre las fuentes indígenas y exóticas de esta especie. En ocasiones se desea proteger los rodales aclareados de especies exóticas para preservar su composición genética como razas geográficas introducidas convenientes. Esto es muy difícil debido a que otras fuentes indeseables de plantas exóticas cultivadas en los alrededores pueden afectar el rodal que se desea proteger.

Desde el punto de vista botánico de preservación de razas puras, es inconveniente la mezcla de genes causada por la contaminación con razas geográficas. Para el fitomejorador interesado en obtener los mejores rendimientos en un determinado ambiente, esto puede tener poca importancia y representar un tipo poco común de raza geográfica introducida; si los genotipos recién desarrollados son superiores en el ambiente de interés, deben ser utilizados por el genetista forestal. Para un programa operativo, no existe ninguna virtud particular en la pureza de la fuente local como tal, siempre y cuando los nuevos genotipos tengan la combinación de complejos genéticos que los hagan superiores para el crecimiento y productos deseados. Los "nuevos" árboles pueden tener buenos complejos genéticos, pero es frecuente que el genetista forestal tenga que estabilizarlos antes de que puedan ser utilizados en un programa operativo.

Conservación ex situ. Existen muchas formas de preservar los genes o complejos genéticos deseados que contienen, ya sea material genético idéntico al de las poblaciones naturales o bien para destinarlo a usos específicos. La más común de dichas formas es mediante la reproducción por técnicas convencionales de propagación vegetativa, a saber: injertado, enraizamiento de estacas y acodos aéreos (Longman, 1976). Los forestales tienen una oportunidad especial, en el sentido de que determinados genotipos (o complejos genéticos) pueden conservarse esencialmente "para siempre" a través