

Es importante hacer notar de nuevo que el uso de una procedencia adecuada es fundamental para desarrollar un programa exitoso donde se utilicen especies exóticas. Las diferencias de procedencia que existen dentro del área de distribución natural de una especie suelen ser más evidentes cuando la especie crece como una especie exótica. Uno de muchos ejemplos es el de *P. taeda* en el sur de Brasil (Shimuzu y Higa, 1981). El uso de árboles exóticos está ampliamente difundido en las áreas tropicales, tanto en ecosistemas de pastizal como de bosques desarrollados naturalmente. Los bosques tropicales de latifoliadas son tan variables, no uniformes y difíciles de manejar ecológicamente que, en los lugares adecuados, los forestales generalmente prefieren utilizar especies exóticas que sean más uniformes, más fáciles de manejar y cuyos productos sean conocidos y aceptados. Algunas de las latifoliadas tropicales tienen una madera magnífica, pero en general las especies de mayor demanda presentan un crecimiento lento y son difíciles de manejar en las plantaciones. Por lo general, no se tienen los conocimientos suficientes acerca de cómo deben manipularse. Los forestales suelen entrenarse para manejar las especies exóticas y están más familiarizados con ellas. Dado que estas especies presentan una rápida tasa de crecimiento, suelen elegirse como la parte esencial de una empresa forestal económicamente viable en áreas tropicales. A pesar de la anterior predilección por las especies exóticas, es probable que ciertas especies indígenas de los trópicos se utilicen en el futuro con más frecuencia a medida que los forestales aprendan a manejarlas, conozcan su biología y el valor de su madera, y sean capaces de desarrollar mercados apropiados (figura 3.11).

Un problema importante relacionado con el manejo de una plantación de especies tropicales no indígenas y que muchas veces hace imposible un programa inteligente de mejoramiento genético forestal, es la enorme falta de conocimiento de los suelos de las regiones tropicales. La idea de que todos los suelos tropicales son frágiles e inapropiados para el crecimiento del bosque ha sido demasiado destacada, y esto ha llevado al desarrollo de nuevas líneas de árboles que realmente no son necesarias. Las afirmaciones en torno a la gran cantidad de suelos lateríticos muy incultivables de los trópicos, han conducido a conclusiones erróneas. Donde existan estos tipos de suelo, debe evitarse al máximo establecer plantaciones exóticas. Sin embargo, como Sánchez y Buol (1975) señalan en su artículo "*Soils of the Tropics & the World Food Crisis*", menos del 10% de los suelos forestales de los trópicos son lateritas.

Ellos reportan los siguientes valores para diferentes áreas tropicales:

Localización	Porcentaje de suelos lateríticos
América tropical	2
Región central de Brasil	5
Península de Indostán (tropical)	7
África tropical	11
África occidental al sur del Sahara	15

Sánchez y Buol (1975) señalan que "con base en éstas y otras estimaciones, suponemos que el área total de los trópicos en la cual puede haber laterita cerca de la superfi-



Figura 3.11 Se ha exagerado el uso de especies exóticas en los trópicos debido a que los forestales saben cómo cultivarlos, a que existen semillas disponibles y a que se conocen mejor sus maderas. Con frecuencia, se carece de dicha información con respecto a las especies indígenas. Sin embargo, algunas especies indígenas de las áreas tropicales, como esta plantación de *Toona ciliata* que crece en Brasil, tienen un gran potencial. Los forestales necesitan estudiar más estas especies.

cie del suelo es del orden del 7%". Concluyen con la observación de que los suelos de los trópicos son esencialmente similares a los de regiones templadas, como las llanuras de Piedmont, al sur de los Estados Unidos. En tal caso, las actividades del mejoramiento genético forestal son convenientes y no son demasiado difíciles de llevar a cabo. Con base en nuestra experiencia en los trópicos de Sudamérica, parece ser que casi el 50% del área forestal tropical es apropiada para mantener plantaciones, habiendo pocos problemas con el suelo o impactos ecológicos adversos. Las áreas consideradas para establecer plantaciones deben estudiarse con respecto a los tipos de suelo y luego las áreas reales apropiadas manejarse correctamente. Idealmente, la dasonomía tropical en el futuro deberá consistir en la regeneración natural de los suelos más frágiles; en los lugares más manejables se establecerán algunas plantaciones utilizando especies indígenas, y en el resto se utilizarán especies exóticas. La proporción del mejoramiento de árboles para estos diferentes tipos de manejo variará, dependiendo de los tipos de suelo y las necesidades de madera. Sin embargo, una cosa es cierta, se necesita más información para planear más acertadamente esa proporción.

La plantación de especies exóticas en áreas tropicales se efectúa ahora principalmente en pastizales o chaparrales, especialmente en Sudamérica. Esto no se hace debido a que aquellas tierras sean mejores o más productivas. En efecto, suelen ser marginales para la producción forestal y los suelos son con frecuencia inferiores, ya sea estructural o químicamente, o bien en sus relaciones de humedad. Algunas constan de arenas secas profundas, mientras que otras tienen suelos de textura gruesa que son difíciles de cultivar. Con mucha frecuencia, existe deficiencia de fósforo y algunas veces la falta de otros elementos como el boro o el cobre limita el crecimiento de los árboles. Todos estos hechos plantean un reto importante al genetista forestal para encontrar los árboles genéticamente mejor adaptados. Sin embargo, estos sitios se seleccionan para gran parte de las plantaciones tropicales de árboles forestales exóticos que se están estableciendo ahora debido a los siguientes factores:

1. Por lo general, son fáciles de manejar. La preparación del sitio es simple y económica, y la competencia establecida por la reanudación del crecimiento vegetal es limitada. La transformación de un bosque tropical de latifoliadas en una plantación es una tarea formidable y muy costosa, tanto por la remoción de los árboles del sitio de plantación como por la necesidad de evitar la reanudación del crecimiento vegetal entre los árboles plantados.
2. Pueden ser transformados directamente en plantaciones sin que sea necesario utilizar ni acabar con la madera del bosque indígena. Los mercados para los árboles tropicales de latifoliadas son limitados, e incluso cuando existen, sólo una parte de la madera se utiliza económicamente; por consiguiente, la madera restante debe eliminarse a un costo elevado. Es una inconsciencia destruir la madera de los bosques tropicales, y sin embargo suele no ser conveniente utilizarla económicamente bajo los métodos comunes de utilización. El resultado es que los sitios más productivos donde se desarrollan bosques tropicales de latifoliadas frecuentemente no se utilizan para establecer plantaciones.
3. Se dispone de tierra, pero gran parte de ésta no es adecuada para la agricultura.

El uso de especies exóticas en las regiones forestales del norte, tales como el norte de Europa, está también muy extendido. El movimiento usual de las especies es de la costa occidental de Norteamérica a Europa y Asia. Especies tan excelentes como el abeto "Douglas" (*Pseudotsuga menziesii*), la picea "Sitka" (*Picea sitchensis*), los pinos, tsugas y los alerces, se han utilizado y se utilizan ahora ampliamente, como especies exóticas. Una de las especies que se está utilizando a gran escala en el norte de Suecia es el pino "lodgepole" (*P. contorta*), donde está dando mayores rendimientos que la especie indígena (Hagner, 1979) (figura 3.12). Esta especie se ha utilizado como exótica en Escocia e Irlanda por muchos años. En general, el movimiento de las especies de árboles forestales de Europa a Norteamérica como especies

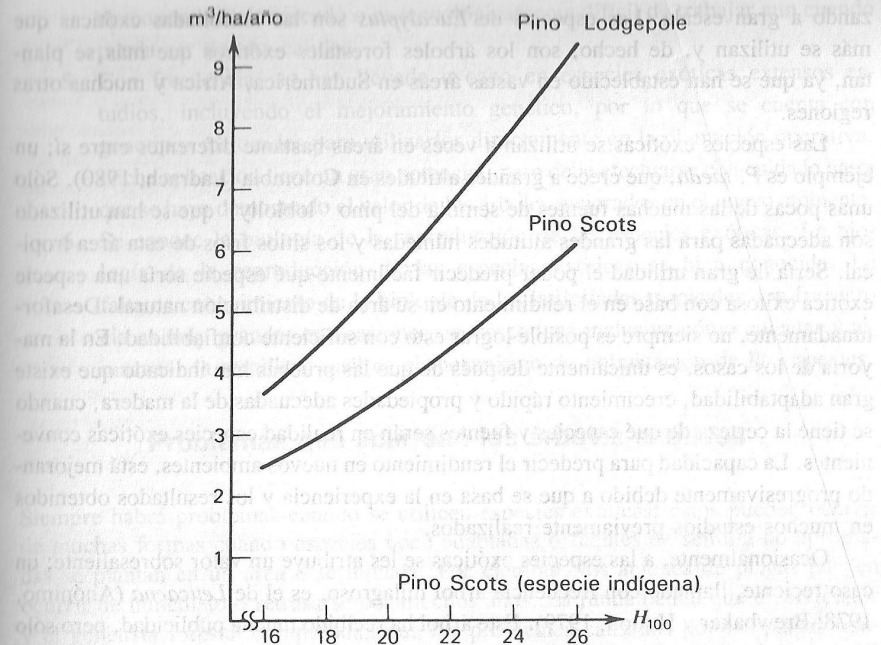


Figura 3.12 En ocasiones, una especie exótica supera en producción a la especie indígena. Esto se demuestra en el caso del pino "lodgepole" (*P. contorta*), comparado con el pino "scots" (*P. silvestris*) en el norte de Suecia. (Gráfica por cortesía de Per Stahl, Swedish Forest Service; datos del College of Forestry).

exóticas no ha dado buenos resultados. No existen muchas especies exóticas de árboles forestales que crezcan bien al noreste de los Estados Unidos, aunque especies como la picea "Norway" (*Picea abies*) y el alerce tienen un gran potencial (Carter y colaboradores, 1981). En áreas como el sur y oeste de los Estados Unidos, las cuales poseen numerosas especies valiosas, las especies exóticas rara vez son de gran valor (Zobel y colaboradores, 1956).

Podría hacerse una larga lista de las especies que se han utilizado exitosamente como especies exóticas, pero no tendría objeto. Es más importante darse cuenta de qué tan amplias son las opciones; por ejemplo: los álamos en el Oriente Medio, los sauces (*Salix*) en Argentina, la teca (*Tectona grandis*) en Indonesia, y los pinos tropicales en muchos países. La conífera que más se ha utilizado y que ha dado los mejores resultados ha sido *P. radiata*; en los trópicos, *P. caribaea* y *P. oocarpa* se están utili-

zando a gran escala. Las especies de *Eucalyptus* son las latifoliadas exóticas que más se utilizan y, de hecho, son los árboles forestales exóticos que más se plantan, ya que se han establecido en vastas áreas en Sudamérica, África y muchas otras regiones.

Las especies exóticas se utilizan a veces en áreas bastante diferentes entre sí; un ejemplo es *P. taeda*, que crece a grandes altitudes en Colombia (Ladrach, 1980). Sólo unas pocas de las muchas fuentes de semilla del pino "loblolly" que se han utilizado son adecuadas para las grandes altitudes húmedas y los sitios fríos de esta área tropical. Sería de gran utilidad el poder predecir fácilmente qué especie sería una especie exótica exitosa con base en el rendimiento en su área de distribución natural. Desafortunadamente, no siempre es posible lograr esto con suficiente confiabilidad. En la mayoría de los casos, es únicamente después de que las pruebas han indicado que existe gran adaptabilidad, crecimiento rápido y propiedades adecuadas de la madera, cuando se tiene la certeza de qué especies y fuentes serán en realidad especies exóticas convenientes. La capacidad para predecir el rendimiento en nuevos ambientes, está mejorando progresivamente debido a que se basa en la experiencia y los resultados obtenidos en muchos estudios previamente realizados.

Ocasionalmente, a las especies exóticas se les atribuye un valor sobresaliente; un caso reciente, llamado con frecuencia árbol milagroso, es el de *Leucaena* (Anónimo, 1978; Brewbaker y Hutton, 1979). Este árbol ha recibido mucha publicidad, pero sólo el tiempo demostrará su valor real. Muchos árboles que se proponen como especies exóticas fracasan, pero rara vez se escucha hablar acerca de esto. De hecho, sólo una pequeña proporción de los árboles que se han probado o recomendado tiene éxito.

Las ventajas que pueden tener las especies exóticas para el forestal se resumen brevemente como sigue:

1. Se obtiene con rapidez más madera de mayor uniformidad y con mayor número de características deseadas. Se produce madera del tipo de las coníferas, que es escasa en los trópicos.
2. Las edades de rotación pueden acortarse y ser tan cortas como 5 ó 6 años en el caso de algunos eucaliptos. Esto da como resultado una gran ventaja económica en el costo de la producción de madera. Muchas especies indígenas de los trópicos son de crecimiento lento, aunque algunas, como *Gmelina*, crecen muy rápidamente.
3. Las especies exóticas son adecuadas para el manejo y el cultivo intensivos de plantaciones, y se cuenta además con métodos silvícolas. Sin embargo, muchas especies indígenas aún no se cultivan con éxito en las plantaciones debido a que no se cuenta con semillas, se desconoce la metodología, o la biología de las especies es tal que las plantaciones puras no crecen satisfactoriamente.
4. Se conoce la calidad y utilidad de la madera producida por las especies exóticas. Muchas de las especies tropicales de latifoliadas producen madera que se

desconoce en el mercado o es tecnológicamente difícil de trabajar aun cuando pueda ser de alta calidad.

5. Con frecuencia, se han llevado a cabo en especies exóticas extensos estudios, incluyendo el mejoramiento genético, por lo que se cuenta con genotipos mejorados para utilizarlos directamente en la plantación operativa. Dicha aplicación tiene un gran potencial, pero debe efectuarse con cuidado hasta que se haya demostrado el valor de los árboles mejorados en el nuevo ambiente.
6. Se conoce la biología de la reproducción de las especies exóticas. La biología de la reproducción de las especies exóticas es bien conocida. La falta de conocimiento de la biología de las latifoliadas tropicales con frecuencia es muy grande; en ocasiones, se desconoce inclusive cómo colectar y almacenar la semilla o cuál es el mecanismo de polinización de las especies.

Problemas que acarrearán los árboles exóticos

Siempre habrá problemas cuando se utilicen especies exóticas; éstos pueden ocurrir de muchas formas cuando especies poco adaptadas o fuentes de semilla no apropiadas se plantan en un área determinada. Por ejemplo, los ataques de plagas pueden ocurrir de inmediato o retrasarse por muchos años. Es fundamental que el silvicultor y el genetista forestal comprendan que los problemas causados por las plagas ocurrirán finalmente y que deben hacerse planes para superar este obstáculo. *No obstante, los ataques por plagas ocurrirán.* Nunca debe utilizarse la producción de una especie exótica en sus primeros años para estimar la producción futura. Los problemas que acarrearán las especies exóticas pueden manifestarse en varias formas:

1. *Fracaso inmediato de la plantación.* Las pérdidas de este tipo son evidentes y no necesitan señalarse más aquí. Ocurre un número sorprendente de fracasos completos, pero rara vez se escucha hablar de ellos y casi nunca se publican en artículos.
2. *El fracaso postergado* es un problema común y ocurre de varias formas que pueden enunciarse como sigue:
 - a) La supervivencia y el crecimiento son buenos en los primeros años, pero los árboles nunca forman un bosque útil. Esto suele ocurrir cuando las fuentes provenientes de elevadas altitudes o de altas latitudes se plantan a bajas altitudes o bajas latitudes, o bien cuando los árboles de un clima del tipo mediterráneo se plantan en un clima continental. Por ejemplo, muchos de los álamos híbridos desarrollados para el noreste de los Estados Unidos se han plantado en el sureste de dicho país. Durante los 2 ó 3 primeros años, estos árboles crecen a una tasa sorprendente, pero después de 10 años muchos mueren y con frecuencia los que todavía viven pierden vigor, las hojas son pequeñas, las copas y ramas sufren muerte descendente, y literalmente

“se caen en pedazos”. Otro buen ejemplo de fracaso postergado ocurre cuando *Eucalyptus* se planta en suelos con una densa capa de subsuelo a unos pocos centímetros de la superficie. Los árboles crecen bien durante 1 ó 2 años, después desarrollan muerte descendente en sus copas y en 4 ó 5 años queda un rodal que ya no puede aprovecharse. El problema del fracaso postergado causa varias pérdidas, pero en general el error se reconoce con suficiente anticipación para prevenir la plantación continua y a largo plazo de la fuente inapropiada.

- b) *La supervivencia y la tasa de crecimiento son buenas, pero la madera no es aprovechable* (Kellison, 1981; Zobel, 1981). Existen muchos ejemplos del problema de la madera de poca calidad de las especies forestales exóticas, especialmente cuando las especies de climas templados se plantan en áreas tropicales o subtropicales. Uno de estos ejemplos ocurre en Sudáfrica donde, en algunas partes del área costera, *Pinus caribaea* produce una madera de peso específico muy bajo que es inapropiada para fabricar papel o productos sólidos de madera (Falkenhagen, 1979) (figura 3.13). En esta



Figura 3.13 Cuando los árboles se cultivan como especies exóticas, la calidad de la madera puede variar ampliamente con respecto a la producida en el ambiente original donde se obtuvo la especie exótica. La fotografía muestra un rodal de *P. caribaea* en el área baja y cálida de Sudáfrica, cuyo crecimiento fue excelente. Sin embargo, la calidad de la madera fue bastante inferior al de la especie en su área de distribución natural. Los árboles de esta fotografía tenían un peso específico extraordinariamente bajo y carecían de madera de verano, produciendo una madera inadecuada para muchos productos.

misma región forestal general, *P. elliotii* produce madera con una densidad tan alta que también es inapropiada para elaborar muchos productos. Uno de los errores más comunes y costosos que se cometen cuando se trasladan las fuentes de semilla o se utilizan especies exóticas, es establecer grandes plantaciones antes de que se haya determinado la calidad de la madera que se obtendrá. Los problemas que acarrea la madera de las especies exóticas se estudian con mayor detalle en el capítulo 12.

- c) *Los árboles exóticos presentan una buena supervivencia y un buen crecimiento iniciales, pero sufren un ataque retrasado por plagas o hay condiciones ambientales adversas* que finalmente anulan el valor del bosque. Esta causa común de pérdidas muy costosas es muy desalentadora; es similar al punto 2a, pero sus consecuencias a largo plazo son mayores. Podrían darse muchos ejemplos, pero quizá el más importante de ellos sea la destrucción del pino causada por el hongo *Dothistroma*, que es más destructivo cuando los árboles tienen casi 5 años de edad. La mayoría de las plantaciones del pino “radiata” de Brasil y de las regiones centrales de Sudáfrica oriental han sido dañadas o destruidas por esta enfermedad, y los daños ocurren también en muchas otras áreas, como Nueva Zelanda y Chile. *P. radiata* nunca debe plantarse en un clima que presente veranos húmedos y cálidos, debido a que *Dothistroma* prospera en esas condiciones. Otro ejemplo de daño retrasado es la plantación de *P. caribaea* proveniente de la fuente Guatemala en las arenas de gran espesor de Venezuela. Los árboles crecen satisfactoriamente durante varios años, pero cuando ocurre un trastorno fisiológico provocado por la sequía, muchos de ellos presentan muerte descendente del tallo principal y de las ramas, y con frecuencia todo el árbol muere (véase la figura 3.10). Otro ejemplo ocurre cuando la fuente Florida bien reconocida de *P. taeda* se planta en latitudes del norte. Los árboles pueden crecer bien y normalmente durante varios años, y en general crecen significativamente mucho mejor que las fuentes indígenas de pino. Sin embargo, cuando ocurren ciertos períodos de clima frío, la fisiología de la planta se altera, de modo que los árboles pierden dominancia y el tallo principal y las ramas crecen en una forma sinuosa, por lo que su crecimiento se retrasa y quedan muy deformados. Existen innumerables ejemplos de decaimiento tardío en latifoliadas como *Eucalyptus*, *Populus*, *Gmelina*, *Platanus* y otros géneros. Un ejemplo que ocurre en Minas Gerais, Brasil, es particularmente inquietante. Ahí, una plaga o una combinación de plagas desconocidas ataca a una fuente de *E. grandis*, pero daña menos a otras. El daño no ocurre sino hasta el segundo o tercer año después del trasplantado; después, los árboles desarrollan pequeñas hojas blanco-amarillentas, muchas de sus hojas se desprenden, ocurre muerte descendente de sus ramas y en ocasiones muere el árbol.

3. Un problema importante que entrañan las especies exóticas es un *rendimiento continuo inferior al promedio*, que da como resultado una baja producción. Éste es un problema importante en el caso de algunas especies exóticas y causa las

mayores pérdidas de todas aquellas derivadas de plantar especies o fuentes fuera de su sitio. Dichas pérdidas son poco apreciables y no pueden estimarse sin antes hacer una comparación con las fuentes apropiadas y las mejores especies. Con frecuencia, las pérdidas representan hasta el 50% o más del potencial productivo del sitio. Desafortunadamente, el forestal suele no estar al tanto de las pérdidas debido a que carece de un patrón de comparación para los árboles plantados. Si no se detecta este tipo de pérdida, pueden utilizarse fuentes inferiores a gran escala en las plantaciones. Un buen ejemplo de estas pérdidas sutiles es el uso de la fuente Piedmont de *P. taeda* en las planicies costeras. Los rendimientos de estos árboles son pequeños, comparados con los que se obtienen cuando se utiliza la fuente planicie costera adecuada de pino "loblolly". En varios países se han cultivado grandes áreas con la fuente Piedmont del pino "loblolly", sin percatarse del todo que sus bosques producen del 30 al 50% menos que si se hubiera utilizado la fuente planicie costera adecuada (véase la figura 3.1). *Eucalyptus* es especialmente susceptible a un patrón reducido de crecimiento, y existen numerosos ejemplos en Colombia, Venezuela, Brasil, África y en otros lugares donde el crecimiento de *Eucalyptus* está muy por debajo del promedio debido a que se han utilizado fuentes y especies inadecuadas en los grandes programas operativos.

4. **El crecimiento es insatisfactorio debido a un déficit o ausencia de micorrizas.** Éste ha sido un gran problema en el caso de algunas plantaciones de especies exóticas, especialmente en los trópicos, pero en general se reconoce ahora la importancia de las micorrizas. Con frecuencia, los suelos del ambiente exótico son marginales para la supervivencia y el crecimiento de los hongos micorrícicos.

Es necesario responder a la pregunta del por qué se utilizan fuentes deficientes o especies inapropiadas en los programas de dasonomía exótica. Las razones son muchas, pero algunas de las más importantes son las siguientes:

1. **Ignorancia.** No se conocen bien las diferencias geográficas de muchas especies. A pesar del hecho de que se han efectuado y aún se están llevando a cabo numerosos estudios sobre variación, sólo se cuenta con una cantidad limitada de información en el caso de algunas especies. Cuando se ha provisto de fondos un programa para cultivar especies exóticas y deben iniciarse las actividades correspondientes, lo único que se puede hacer es aplicar el mejor juicio propio mientras avanzan las pruebas que tienen como objetivo determinar las mejores fuentes. Quizá el mayor error en la determinación de qué especie debe utilizarse es la falta de conocimientos de las fuentes existentes dentro de la especie de interés. Es común que se seleccione la fuente de semilla equivocada para representar una cierta especie. Cuando se plantan, los árboles no dan buenos rendimientos, y como resultado se considera que toda la especie carece de valor para el área. Los principales ejemplos del uso de información inadecuada sobre la fuente o de fuentes de mala calidad que resultan en el rechazo de la especie son:

P. taeda en las áreas subtropicales, *P. oocarpa* en los trópicos y *Eucalyptus* en muchos lugares de todo el mundo. La ignorancia tiende a cimentarse sobre sí misma y algunas de las decisiones más costosas tomadas en todo el campo de la dasonomía se deben a la obtención de un puñado de semillas de una determinada especie a partir de una fuente desconocida, a su prueba y al uso de los resultados para desarrollar políticas rígidas en torno a qué especies pueden o no utilizarse.

2. **Deshonestidad o falta de interés.** Es algo terrible, pero con demasiada frecuencia la semilla no es de la calidad o no proviene de la fuente de la que se supone es, debido a que el distribuidor y, en ocasiones, el comprador no tuvieron cuidado en verificarlo. Se podrían citar varios ejemplos acerca de la compra y reetiquetamiento de la semilla para adaptarla a las especificaciones de un pedido, el reemplazo de una buena fuente por semilla de mala calidad, así como de clasificación errónea deliberada. Por fortuna, esto es cada vez menos común, pero continúa siendo un problema en el caso de algunas especies como los pinos tropicales, especialmente donde existe un déficit de semilla. La principal causa de la falta de cuidado es el resultado de la actitud de que *la semilla es la semilla* y de que no habrá mucha diferencia si la semilla utilizada no se ajusta exactamente a lo requerido. Incluso, no es raro encontrar mezclas de especies en rodales supuestamente provenientes de una determinada fuente de una especie conveniente. El problema realmente es que muchos forestales y comerciantes de semillas sencillamente ignoran o no creen en la importancia de las diferencias en la fuente de semilla dentro de una especie. Cualquiera que sea la razón, es fundamental que *quien obtenga semilla de una fuente especial*, debe asegurarse de que esté clasificada. Muchas organizaciones envían su propio personal al área de colecta para asegurarse de obtener la semilla adecuada. La afección de ganancias forma también parte del problema. Fuentes indígenas completas han sido destruidas por colectores, quienes cortan los árboles y sus ramas o los reducen a pedazos con machetes debido a que alguna persona ofreció un buen precio por la semilla. La certificación de la semilla de árboles forestales, como se indica en otros capítulos, es una solución parcial al problema.

3. **No se cuenta con la fuente adecuada de una especie.** En programas de plantación de rápida expansión, suele no contarse con las mejores fuentes de semilla; éste es uno de los principales obstáculos de las operaciones dasonómicas tropicales y subtropicales comúnmente emprendedoras. La semilla es tan escasa que los costos se elevan súbitamente, por lo que algunas organizaciones se desesperan tanto que compran y utilizan la semilla de literalmente cualquier fuente disponible. En ocasiones utilizan incluso la especie menos apropiada. La falta de semilla de una fuente adecuada es casi siempre un gran problema cuando se utilizan especies indígenas de latifoliadas tropicales. Con demasiada frecuencia se elige la fuente menos adecuada para satisfacer una cuota de reforestación específica. Algunas veces, es imposible obtener la semilla adecuada. En este caso, debe tenerse cuidado de obtener la mejor fuente siguiente y evitar plantar cualquier tipo de árboles sólo para llenar el área.

4. **Costos.** Es increíble, pero en muchos casos una diferencia de unos cuantos centavos o dólares por kilogramo de semilla se convierte en el factor que decide entre utilizar la mejor fuente o una inferior. Por ejemplo, se sabe que la fuente Piedmont de *P. taeda* no es conveniente en áreas subtropicales. Sin embargo, la semilla de esta fuente es abundante y económica, por lo que miles de kilogramos de ella se han comprado para sembrarla en áreas subtropicales, sencillamente debido a que la semilla Piedmont es más económica que la fuente conveniente de la planicie costera. En realidad, cuando se prorratea entre los costos totales de la plantación, el costo de la semilla es una parte infinitesimal del gasto para establecer una plantación. La duplicación o triplicación del costo de la semilla carece esencialmente de efecto sobre los costos por hectárea del establecimiento de la plantación.

Es un hecho incuestionable de la dasonomía exótica que por lo general ocurrirán daños por plagas; pueden ocurrir rápidamente después de la plantación, o bien pueden transcurrir muchos años antes de que ocurran. Los problemas que causan las plagas empeoran cuando se efectúan plantaciones en sitios inapropiados. Todas las plantaciones de especies exóticas se hacen en sitios inapropiados y algunas, como las establecidas en los pastizales secos de los trópicos, se hacen en lugares extremadamente marginales.

Existen tres categorías de plagas que atacan a las especies exóticas. Éstas son las siguientes:

1. El insecto o enfermedad es una plaga de la especie exótica en su área de distribución natural y, de alguna manera, sigue a la especie exótica hasta la nueva área de plantación. Un buen ejemplo de este tipo de plaga es *Dothistroma* en *Pinus radiata*. Esta enfermedad es poco más que una molestia en esta especie de pino en su área de distribución natural en California, donde los veranos son fríos y secos. Sin embargo, la enfermedad resulta destructiva cuando ataca a las poblaciones de *P. radiata* que crecen en áreas con veranos cálidos y húmedos.
2. La plaga es indígena al área donde se planta la especie exótica. Puede llevar años, pero finalmente algunas plagas se adaptan a la especie exótica. Un buen ejemplo de dicha plaga es el defoliador del ciprés, *Glena bisulca*, en Colombia. Este insecto vive endémicamente en las latifoliadas nativas y no atacó seriamente a *Cupressus lusitanica* por muchos años. Ahora es potencialmente una plaga muy importante. Los ataques por plagas indígenas parecen ser los tipos más comunes que dañan a las especies exóticas. Un ejemplo son los escarabajos comedores de hojas que atacan comúnmente a *Eucalyptus* en muchas regiones.
3. Una plaga exótica, que no es del área original de la especie exótica, puede adaptarse a la nueva especie. Un ejemplo que ha sido publicado es el de *Sirex* en *Pinus radiata* en Nueva Zelanda y Australia, donde esta plaga exótica se ha adaptado al *P. radiata* importado.

Áreas donadoras y receptoras

Cuando se estudian especies exóticas, es conveniente para fines de referencia hablar de países o áreas donadoras y receptoras. Las áreas donadoras son aquellas como Centroamérica, México y el oeste de Estados Unidos, que son ricas en especies que tienen un gran valor en los países receptores donde se planta el material (figura 3.14). Con frecuencia, los países donadores mismos no son regiones productoras importantes de madera, pero éste no siempre es el caso. Son ejemplos: México y el oeste de Estados Unidos. En los países receptores los tipos de árboles adecuados son escasos o se carece completamente de ellos; son ejemplos: Australia y África para los pinos, y Sudamérica, África y muchas otras regiones para eucaliptos y pinos.

ELECCIÓN DE ESPECIES Y PROCEDENCIAS

¿Cómo se escogen las especies o procedencias de un país donador para someterlas a prueba en un país receptor? Si se pudiera responder fácilmente esta pregunta, se ahorraría mucho trabajo, tiempo y grandes cantidades de dinero. La teoría del éxito de una transferencia es bastante simple: comparar el ambiente de la especie o procedencia donadora con aquel donde se establecerá la plantación. Se han sugerido muchos métodos útiles, como la zonificación del noreste del Brasil por Golfari y Caser (1977), quienes buscaron regiones similares en aquellos países ricos en especies prometedoras. Sin embargo, la decisión no es tan simple, ya que el estudio rápido de los ambientes es sólo el primer paso. No obstante, es posible dar algunas reglas generales para seleccionar las especies de uso probable en nuevos ambientes. La adaptabilidad para la supervivencia, el crecimiento y las propiedades de la madera son los puntos esenciales que deben observarse cuando se pretenda seleccionar un material adecuado para cultivarlo en un país receptor. La capacidad para reproducirse en el nuevo ambiente es conveniente, pero no es esencial para el desarrollo de la plantación si pueden obtenerse semillas de huertos o rodales semilleros establecidos en cualquier otro lado. Por ejemplo, *P. caribaea* crece muy bien en algunas áreas de tierras bajas cerca del ecuador, pero ahí suele no producir semilla abundante, por lo que debe obtenerse de otros sitios.

En dasonomía, es frecuente que falten datos sobre el clima del área donadora o del área donde se desea establecer la nueva plantación. Así, la comparación de los ambientes es más difícil. Cuando la información es asequible, usualmente consiste en promedios anuales, pero aun en este caso rara vez se han registrado los promedios mensuales o semanales, e incluso las mismas cifras diarias. Las condiciones generales promedio pueden llevar a conclusiones erróneas cuando se toma una decisión acerca de cuál es la mejor fuente para plantar. La selección natural *no opera en promedios, opera en los extremos*. Puede ser el primer día del primer año de vida de la plantación cuando ocurra la muerte o daño de ésta debido a algún fac-

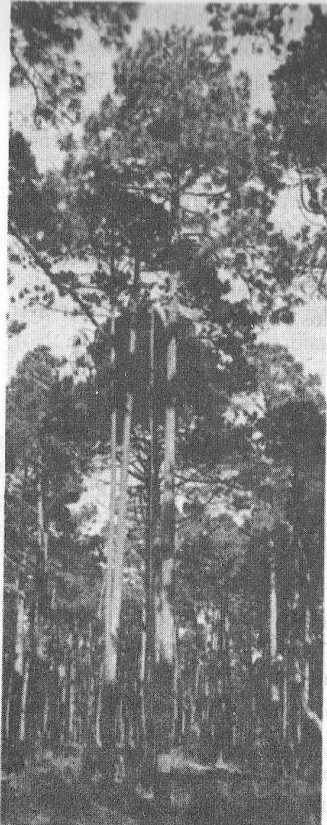


Figura 3.14 Las especies de regiones donadoras, como Centroamérica y México, se utilizan ampliamente en plantaciones exóticas de las regiones tropicales. La fotografía muestra la colecta de semilla en un excelente pino mexicano para probarla en Sudamérica.

tor ambiental como el frío. Alternativamente, puede ser el primer período de sequía después de 50 años lo que cause la muerte de la plantación. *Los aspectos importantes* al decidir acerca del uso de procedencias o de especies, son los factores *raros, extremos* o los que tienen *grandes fluctuaciones*. Dado que los extremos no ocurren anualmente, sino quizá sólo una o dos veces durante el período de vida de una determinada plantación, la prueba significativa de la adaptabilidad de las especies y procedencias no ocurre realmente sino hasta que los árboles han crecido lo suficiente para una rotación completa. A veces, incluso este período de tiempo no es suficiente. Por ejemplo, puede ocurrir una "helada en 50 años" sólo una vez en varias rotaciones. Incluso, el conocimiento de los extremos no es suficiente. La clave está en la *secuencia previa* o *posterior a los extremos*; por ejemplo, si el frío ocurre gradualmente, de modo que las plantas tienen la oportunidad de hacerse insensibles, los resultados serán bastante distintos cuando un período de frío intenso sigue inmediatamente a un período más cálido.

Existe siempre la necesidad urgente de contar con información acerca de qué procedencia o especie es adecuada para utilizarla, por lo que las decisiones suelen tomarse sólo después de algunos años de prueba. El problema de un período de prueba demasiado corto es especialmente importante en el caso de especies exóticas como *Eucalyptus* en Brasil o *P. oocarpa* en Colombia (figura 3.15). Sin embargo, puede también ser importante en especies dentro de sus áreas de distribución naturales. Por ejemplo, una de las preguntas habituales más importantes en el sureste de los Estados Unidos, ahora que los huertos semilleros están en la etapa de máxima producción y se cuenta con un exceso de semilla, es: ¿qué tan lejos puede trasladarse con seguridad la semilla de un determinado huerto para utilizarla en plantaciones operativas? No existe una respuesta inmediata a este problema más que aplicar la experiencia obtenida con la semilla silvestre del mismo origen, en combinación con el sentido común (Langlet, 1967; Rohmeder, 1959). Sin embargo, para respuestas a largo plazo, necesitan efectuarse pruebas (Wells y Wakeley, 1966).

Existen muchas reglas que se han sugerido como guía para el traslado de procedencias o especies, pero la mayoría de ellas sólo se adaptan a situaciones específicas. Algunas de las generalizaciones que pueden enunciarse son las siguientes:

1. No trasladar procedencias *de clima mediterráneo a un clima continental*; es un poco más seguro trasladar la semilla de áreas continentales a marítimas. Los períodos estacionales de humedad y temperatura son tan distintos que rara vez una fuente desarrollada donde existen inviernos fríos y húmedos o veranos cálidos y secos, prosperará donde la precipitación es uniforme durante todo el año, o bien donde las estaciones frías son secas y los períodos cálidos son húmedos (Kiellander, 1960). Los fracasos son comunes cuando las especies se trasladan de áreas con lluvias en invierno a áreas con sequía en invierno y de áreas con lluvias en verano a áreas que tienen sequías en verano (Hillis y Brown, 1978). A veces da buenos resultados trasladar árboles de áreas con estaciones extremas a áreas con precipitación uniforme durante todo el año, pero también con mucha frecuencia esto no da buenos resultados.
2. No trasladar árboles de áreas que presentan *climas uniformes con pequeñas fluctuaciones* de precipitación y temperatura a áreas con *fluctuaciones duraderas e importantes* de esos factores, aun cuando los extremos y promedios anuales puedan ser similares. Muchas plantas requieren un precondicionamiento antes de que sean capaces de tolerar ambientes extremos, y sin este período de preparación son susceptibles al daño. Por ejemplo, el clima en el sureste de los Estados Unidos es uno de los factores más difíciles para los árboles exóticos debido a los períodos aleatorios de humedad y de sequía, y particularmente porque las temperaturas pueden fluctuar desde los 80°F (27°C) durante el día hasta los 15°F (-8°C) en la misma noche. No es raro encontrar varios días con una



Figura 3.15 Las pruebas deben durar lo suficiente para dar a los árboles la posibilidad de expresar sus características. La fotografía muestra un rodal del pino "slash" (*P. elliottii*) creciendo cerca del Ecuador en Sudamérica. El crecimiento inicial pareció ser normal, pero después todos los árboles mostraron un encorvamiento pronunciado; la causa no fue la fijación deficiente de la raíz.

temperatura de 80°F en pleno invierno, seguidos de inmediato por varios días con temperaturas por debajo de los 10°F (-12°C). Pocas plantas son capaces de tolerar fluctuaciones tan grandes, aunque con un preacondicionamiento adecuado soportan fácilmente los extremos de temperatura. Las especies resistentes al frío que normalmente toleran temperaturas tan bajas como los -34°C (-34°C), si se han preacondicionado adecuada y gradualmente, suelen congelarse a los 10°F (-12°C) después de un período cálido. Ciertas especies, como muchas de los eucaliptos, son particularmente sensibles a los extremos ambientales debido a que aparentemente nunca tuvieron una latencia verdadera. Estas especies comienzan a crecer durante los períodos cálidos y luego mueren o son dañadas cuando llegan los períodos fríos. Debido a las grandes fluctuaciones ambientales existentes en el sureste de los Estados Unidos, se ha encontrado que la mayoría de las especies exóticas fracasan por completo en esa región (Zobel y colaboradores, 1956).

3. No trasladar fuentes de elevadas altitudes o de altas latitudes a bajas altitudes y latitudes, o viceversa. Sin embargo, las procedencias de elevadas altitudes y de bajas latitudes suelen trasladarse exitosamente hacia bajas altitudes a mayo-

res latitudes, y viceversa. Las fuentes de altas latitudes y elevadas altitudes son por lo general de crecimiento lento pero de buena forma, mientras que las de altitudes más bajas y bajas latitudes son árboles de crecimiento más rápido con ramas gruesas y fustes retorcidos. Como en todas las reglas, siempre hay una excepción; por ejemplo, las procedencias de *P. caribaea* var. *hondurensis* de tierra adentro y de regiones altas tienden a presentar ramas más grandes y fustes más torcidos que las de la región costera, las cuales tienen fustes rectos y una mejor forma³. La cuestión principal es *qué tan lejos* puede trasladarse la semilla sin que se corran demasiados riesgos. En general, el interés está centrado en el movimiento de bajas a elevadas altitudes o de bajas a altas latitudes para aumentar la tasa de crecimiento. Sin embargo, con dichos traslados pueden presentarse problemas de adaptabilidad, por lo que debe decidirse si *la ganancia* por dicho movimiento es lo bastante grande como para justificar *el riesgo* de una adaptabilidad inicial deficiente. Una vez que se establece una población grande e importante, puede iniciarse el desarrollo de una raza local introducida.

4. No plantar en *suelos ácidos* árboles que se han originado en *suelos básicos*, o viceversa. Esta regla también suele aplicarse en el caso de los tipos de suelo;



Figura 3.16 Trasladar árboles exóticos sin efectuar pruebas previas tiene en ocasiones resultados extraños. La fotografía muestra la prueba de una fuente de *P. oocarpa* en Colombia, que resultó completamente inadecuada para este nuevo ambiente exótico. Otras fuentes de la misma especie crecen bien en este mismo ambiente, por lo que se utilizan con fines operativos. La prueba de las fuentes, antes de la plantación operativa, previene posibles desastres.

³Comunicación personal, Garth Nikles, *Queensland Forest Service*, Australia.

por ejemplo: de arcilla a arena o de arena a arcilla. Algunas razas geográficas muestran una adaptabilidad muy alta y crecen en varios sitios y suelos; son ejemplos: *P. caribaea* V. *hondurensis* y *P. radiata*. Sin embargo, otras razas o especies presentan una adaptabilidad muy limitada a diferentes suelos, como es el caso de varias de las mejores especies de *Eucalyptus* y *P. occarpha* (figura 3.16).

Sin importar qué tan cuidadosamente puedan elegirse o compararse los ambientes, la respuesta final acerca de la adaptabilidad de una especie exótica o procedencia sólo se obtiene mediante la realización de pruebas. Existen muchas interacciones indefinibles entre el ambiente y los árboles que determinan el éxito o fracaso de una plantación. Estas interacciones suelen no predecirse con exactitud. En ocasiones, como en el caso de algunos *Eucalyptus*, la especie parece mostrar una gama de adaptabilidad muy estrecha en su área de distribución natural, pero crece bien en muchos ambientes diversos cuando se utiliza como especie exótica, debido quizás a que los factores que limitan su distribución natural no están presentes en el nuevo ambiente. Especies como *P. radiata* provienen de una gama ambiental estrecha, pero crecen bien en una amplia serie de ambientes. La mayoría de las especies como *P. taeda* o *Pseudotsuga menziesii* crecen naturalmente en muchos ambientes distintos; en consecuencia, toda la especie tiene un amplio rango de adaptabilidad. Sin embargo, cada procedencia tiene una gama de adaptabilidad un poco más estrecha.

¿QUÉ DEBE HACERSE SI NO SE CUENTA CON LA FUENTE ADECUADA O SI ÉSTA SE DESCONOCE?

La cuestión anterior es un problema común y muy difundido que deben enfrentar todas las organizaciones operativas. A pesar del objetivo ideal de establecer únicamente pequeñas plantaciones mientras se realizan estudios para determinar las necesidades respecto a las especies o procedencias adecuadas, la situación general, especialmente en los países en desarrollo, es pasar de esencialmente ningún programa forestal operativo a uno de gran escala en sólo unos pocos años. No existen pruebas para determinar las especies y fuentes adecuadas para el plantado común y con frecuencia están sin concluir hasta la segunda generación de plantado en un sitio dado. Si no se cuenta con los resultados de las pruebas como guía, resulta difícil tomar las decisiones, y se cometerán algunos errores. Sin embargo, el establecimiento rápido de las plantaciones es de importancia fundamental. En consecuencia, la mayoría de los programas forestales se efectúan con la información mínima necesaria para guiar adecuadamente al forestal. Cuando ocurra esta situación, deben seguirse los siguientes procedimientos:

1. *Comparar el ambiente* de la procedencia o de la especie exótica potenciales tan cuidadosamente como sea posible con el nuevo ambiente en el que van a plantarse. En general, no se cuenta con los datos adecuados para hacer esto, por lo que debe hacerse una aproximación lo más precisa posible. Como se subrayó en la sección sobre selección de las especies o procedencias, deben compararse

los extremos y secuencias de temperatura, humedad, suelos y otros factores ambientales, no sólo las condiciones normales o promedio. Con frecuencia, los extremos no se registran, especialmente en el caso de las regiones tropicales. En consecuencia, es posible que se tenga que confiar en el conocimiento empírico de las personas que viven en el área.

2. *Utilizar la experiencia y el sentido común.* La mejor experiencia es haber visto o haber trabajado con condiciones ambientales similares en otros lados. Con el conocimiento de las especies involucradas, puede hacerse una buena estimación de lo que crecerá mejor en un área que se desea utilizar. La mayoría de las primeras plantaciones en las áreas tropicales y subtropicales, así como en varios ambientes adversos en otras regiones, se han hecho de esta forma. ¡A veces se cometen errores! Esto es inevitable, pero es absolutamente sorprendente constatar qué tan parecidas son las opiniones de un forestal experimentado y diligente a los resultados de las pruebas posteriores. *La manera más exitosa de seguir dichas sugerencias es: la observación detallada, el conocimiento de las especies que se está considerando utilizar, y tener un buen conocimiento del ambiente.*

Con frecuencia se presenta una situación importante cuando se toma la decisión política de iniciar de inmediato un programa de plantación forestal a gran escala. Cuando ésta surge, el forestal debe resolverla lo mejor posible, aun cuando no cuente con la semilla de las mejores especies o fuentes. No hay ninguna otra opción sino actuar, el programa de plantación se iniciará aun cuando el forestal piense que no es una decisión acertada. Si es posible encontrar plantaciones de la especie conveniente en el área, debe desarrollarse de inmediato una raza local introducida, aun cuando la fuente original de la semilla no sea la mejor. Al mismo tiempo, debe iniciarse tan pronto como sea posible una serie de estudios sobre la especie o procedencia (Burley y Nikles, 1972, 1973a, b; Nikles y colaboradores, 1978). Estos estudios proporcionarán la información necesaria y el material biológico necesario para selecciones futuras. El aspecto fundamental es el tiempo y la necesidad de acción inmediata. Muchos programas se han cancelado debido a que la plantación se atrasó con la excusa de que no se contaba con semilla conveniente. Hacer plantaciones operativas antes de contar con información adecuada o materiales biológicos probados, resulta ineficiente. Ésta es una desventaja que se debe asimilar para conciliar las presiones políticas y las necesidades de tiempo. *Cualquier tipo de programa de urgencia es ineficaz*, y esto es especialmente cierto en dasonomía. Cuando se enfrenta el establecimiento de un programa de urgencia debido a necesidades y consideraciones políticas, pueden evitarse fracasos importantes aplicando toda la experiencia y sentido común disponibles al momento de hacer las recomendaciones iniciales.

¿Qué tan lejos es posible mover la semilla?

Los especialistas en el mejoramiento genético forestal constantemente se preguntan a qué distancia puede trasladarse con seguridad la semilla. Existen muchas res-

puestas y muchas fórmulas que se han propuesto. Se han establecido normas para ciertas especies, tales como: "es seguro mover la semilla 1,000 pies (300 m) en altitud o 100 millas (160 km) en latitud". Wiersma (1963) utiliza la regla de que el desplazamiento de 1° en latitud equivale a una diferencia en altitud de 100 m; en una publicación reciente del *Inland Empire Tree Improvement Program*, Rehfeldt (1980) sugiere que la semilla del pino "ponderosa" para reforestación en el sur de Idaho puede trasladarse casi 230 m (750 pies) en altitud, 0.7° en latitud y 1.2° en longitud. En otra publicación, el mismo autor (1979) señala que no existe un límite en altitud, latitud o longitud para el traslado de la semilla del pino "white" (*P. monticola*) en el norte de ese estado. Para el sureste de los Estados Unidos, Wakeley (1963) resumió el movimiento de la semilla señalando las precauciones que deben tomarse en torno a las distancias que son seguras.

En realidad, no puede establecerse ninguna regla general sobre el movimiento de la semilla, ya que éste difiere para cada especie y localidad. Sin embargo, algunas normas generales parecen ser útiles. Una de ellas es que una transferencia amplia de las semillas es más segura cerca del centro del área de distribución de una especie que cerca de sus márgenes. Así, debe tenerse mucho cuidado en el desplazamiento de la semilla cuando uno se acerque a los límites del área de distribución de la especie (Wells y Wakeley, 1966). Asimismo, en áreas donde los gradientes ambientales son pronunciados, como el norte de Canadá, el movimiento de la semilla debe ser muy restringido, por lo que las especies indígenas bien adaptadas son más útiles.

RESUMEN: PASOS SUGERIDOS PARA SELECCIONAR ESPECIES EXÓTICAS O PROCEDENCIAS

1. Decida acerca de los objetivos de la plantación y de los productos deseados. Después determine la clase de árboles (por ejemplo, pinos o latifoliadas) que mejor cumplen el objetivo.
2. Obtenga toda la información posible, de la bibliografía y de las plantaciones o de pruebas que sean asequibles. Esta fase de información debe incluir la visita a las áreas con ambientes y especies similares a los que se utilizarán para establecer las plantaciones.
3. Analice el área para encontrar cualquiera de las plantaciones de la especie deseada con que pueda contarse. Inmediatamente desarrolle razas locales introducidas a partir de esas plantaciones para utilizarlas como fuente inmediata de semilla, a menos que las procedencias de la plantación sean sin lugar a dudas muy inapropiadas.
4. Haga una investigación sistemática, mediante experimentos de plantación de las especies o procedencias potenciales, para determinar sus patrones de crecimiento y variación. Obtenga la semilla de los mejores árboles de esas plantaciones para utilizarla como una buena raza local introducida. Desarrolle razas mejoradas por medio de otras pruebas y el establecimiento de huertos semilleros para

obtener un suministro permanente de semillas para plantación operativa. La selección de las especies o procedencias para prueba debe hacerse utilizando el sentido común, la experiencia y la comparación de los extremos y secuencias ambientales.

5. Utilice de manera operativa la semilla de la raza local introducida inicial o de la mejor procedencia potencial, mientras se obtiene mejor material a través de un programa de mejoramiento genético forestal.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, K. F. 1966. Economic Evaluation of Results from Provenance Trials. Seminar, For. Seed and Tree Impr., FAO y Danish Board of Tech. Coop. with Devel. Countries, Roma.
- Anónimo. 1978. Leucaena: The miracle tree. *África* 86:75.
- Barner, H. 1966. "Classification of Seed Sources." Seminar, For. Seed and Tree Impr., FAO y Danish Board of Tech. Coop. with Devel. Countries, Roma.
- Brewbaker, J. L. y Hutton, E. M. 1979. Leucaena—versatile tropical tree legume. En *New Agricultural Crops*, pp. 207-259. American Association for the Advancement of Science Press, Boulder, Colo.
- Burley, J. y Nikles, D. G. 1972. *Selection and Breeding to Improve Some Tropical Conifers*, Vol. I. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, Inglaterra, y Department of Forestry, Queensland, Australia.
- Burley, J. y Nikles, D. G. 1973a. "Tropical Provenance and Progeny Research and International Cooperation." Proc., Joint Workshop IUFRO, en Nairobi, Kenya. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, Inglaterra.
- Burley, J. y Nikles, D. G. 1973b. *Selection and Breeding to Improve Some Tropical Conifers*, Vol. II. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, Inglaterra, y Department of Forestry, Queensland, Australia.
- Caballero, M. 1966. "Comparative Study of Two Species of Mexican Pine (*Pinus pseudostrobus* and *P. montezumae*) Based on Seed and Seedling Characteristics." Tesis M.S., North Carolina State University, Raleigh.
- Callaham, R. Z. y Liddicoet, A. R. 1961. Altitudinal variation at 20 years in ponderosa and Jeffrey pines. *Jour. For.* 59(11):814-820.
- Callaham, R. Z. 1964. Provenance Research: Investigation of genetic diversity associated with geography. *Unasylva* 18(2-3):73-74, 40-50.
- Carter, C. K., Canavera, D. y Caron, P. 1981. "Early Growth of Exotic Larches at Three Locations in Maine." Coop. For. Res. Unit, Res. Note No. 8, University of Maine, Orono.
- Dorman, K. W. 1975. *The Genetics and Breeding of Southern Pines*. USDA Agriculture Handbook No. 471, p. 173-175.
- Edwards, M. W. 1963. "The Use of Exotic Trees in Increasing Production with Particular Reference to Northwestern Europe." World Cons. on For. Gen. and Tree Impr., Estocolmo, Suecia.
- Ender, J. A. 1977. *Geographic Variation, Speciation and Clines*. Princeton University Press, Princeton, N.J.

- Falkenhagen, E. R. 1979. "Provenance Variation in Growth, Timber and Pulp Properties of *Pinus caribaea* in South Africa. Bull. 39, South African For. Res. Ins., Dept. of For., Pretoria.
- Farmer, A. E. y Barnett, P.E. 1972. Altitudinal variation in seed characteristics of black cherry in the southern Appalachians. *For. Sci.* 18(2):169-175.
- Golfari, L. y Caser, R. L. 1977. "Zonamento ecológico da região florestal [Ecological Zoning of the Northeastern Region for Experimental Forestry]." PRODEPEF, Technical Bulletin no. 10.
- Grant, V. 1971. *Plant Speciation*. Columbia University Press, Nueva York.
- Gregor, J. W. 1944. The ecotype. *Biol. Rev.* 19:20-30.
- Hagner, S. 1979. Optimum productivity—a silviculturist's view. En *Forest Plantations—The Shape of the Future*, pp. 49-68. Weyerhaeuser Science Symposium, Tacoma, Washington.
- Hillis, W. E. y Brown, A. G. 1978. *Eucalypts for Wood Production*. Griffin Press Ltd., Adelaide, Australia.
- Holzer, K. 1965. "Standardization of Methods for Provenance Research and Testing." IUFRO Kongress, Munich, Alemania, Vol. III(22), pp. 672-718.
- Hunt, R. y Zobel, B. 1978. Frost-hardy *Eucalyptus* grow well in the southeast. *South. Jour. Appl. For.* 2(1):6-10.
- Huxley, J. S. 1938. Clines: an auxiliary taxonomic principle. *Nature* 143:219.
- Jones, N. y Burley, J. 1973. Seed certification, provenance nomenclature and genetic history in forestry. *Sil. Gen.* 22:53-92.
- Kellison, R. C. 1967. "A Geographic Variation Study of yellow Poplar (*Liriodendron tulipifera*) within North Carolina." Technical Report no. 33, North Carolina State University, School of Forest Resources.
- Kellison, R. C. 1981. "Characteristics Affecting Quality of Timber from Plantations, Their Determination and Scope for Modification." World Forestry Congress, Kioto, Japón.
- Kiellander, C. L. 1960. Swedish spruce and continental spruce [Svensk gran och Kontinentgran]. Föreningen Skogsträdsförädling, F.S. Information No. 3.
- Krygier, J. T. 1958. "Survival and Growth of Thirteen Tree Species in Coastal Oregon." Res. Paper No. 26, Pacific Northwest Forestry and Range Experimental Station, Portland, Ore.
- Lacaze, J. F. 1977. "Advances in Species and provenance Selection." 3rd World Cons. on For. Tree Breeding, Canberra, Australia.
- Lacaze, J. F. 1978. Advances in species and provenance selection. *Unasylva* 30(119-120):17-20.
- Ladrach, W. E. 1980. "Variability in the Growth of *P. taeda* in Colombia Due to Provenance." Investigation Forestal, Cartón de Colombia.
- Langlet, O. 1936. Studien über die physiologische Variabilität der Kiefer und deren Zusammenhang mit dem Klima, Beiträge zur Kenntnis Ökotypen von *Pinus silvestris*. *Medd. Statens Skogsförsöksanstalt.* 29:219-470.
- Langlet, O. 1938. Provenienschforsök med olika trädslag [provenance tests with various wood species]. *Särtryck Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift.* I-II:255-278.
- Langlet, O. 1959a. A cline or not a cline—a question of Scots pine. *Sil. Gen.* 8(1):13-22.
- Langlet, O. 1959b. Polsk gran för Sverige [Polish spruce for Sweden]. *Särtryck Skogen* 5:1-4.
- Langlet, O. 1967. "Regional Intra-specific Variability." IUFRO Congress, Munich, Alemania, Vol. III(22), pp. 435-458.
- Larsen, C.S. 1954. "Provenance Testing and Forest Tree Breeding." Proc. 11th Cong. IUFRO, Roma, pp. 467-473.
- Long, E. M. 1980. Texas and Louisiana loblolly pine study confirms importance of local seed sources. *South. Jour. Appl. For.* 4(3):127-131.

- Marsh, E.K. 1969. "Selecting Adapted Races of Introduced Species." 2nd World Cons. For. Tree Breed., Washington, D. C., pp. 1249-1261.
- Mettler, L. E. y Gregg, T. G. 1969. *Population Genetics and Evolution*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
- Muller, H. J. 1959. *The prospects of genetic change.* *Am. Sci.* 47(4):551-561.
- Namkoong, G. 1969. "Nonoptimality of Local Races." 10th South. Conf. on For. Tree Impr., Houston, Texas, pp. 149-153.
- Nikles, D. G. y Burley, G. 1977. "International Cooperation in Breeding Tropical Pines." 3rd World Cons. For. Tree Breed., Canberra, Australia.
- Nikles, D. G., Burley, J. y Barnes, R. D. 1978. "Progress and Problems of Genetic Improvement in Tropical Forest Trees." Proc. Joint Workshop in Brisbane, Australia, Vol. 1., Commonwealth Forestry Institute, Oxford University, Inglaterra.
- Owino, F. 1977. "Selection of Species and Provenances for Afforestation in East Africa." 3rd World Cons. on For. Tree Breed., Canberra, Australia.
- Pellati, E. De Vecchi. 1969. "Evolution and Importance of Land Races in Breeding." 2nd World Cons. For. Tree Breed., Washington, D.C., pp. 1263-1278.
- Persson, A. 1980. "*Pinus contorta* as an Exotic Species." Swedish Un. of Ag. Sciences, Dept. For. Gen. Research Notes, Garpenberg, Suecia.
- Rehfeldt, G. E. 1979. Ecotypic differentiation in populations of *Pinus monticola* in north Idaho—Myth or reality? *Am. Natur.* 114:627-636.
- Rehfeldt, G.E. 1980. Genetic Gains from Tree Improvement of Ponderosa Pine in Southern Idaho. U.S. Forest Service Research Paper Int-263, Ogden, Utah.
- Rohmeder, E. 1959. Beispiele für die Überlegenheit fremder Provenienzen über die heimische Standortstrasse bei den Baumarten *Pinus silvestris* und *Picea abies* (Examples of the superiority of foreign provenances over the native races in the species *Pinus silvestris* and *Picea abies*). *Sonderdruck Allgemeine Forstzeitscher.* 43:1-5.
- Sánchez, P. A. y Buol, S. W. 1975. Soils of the tropics and the world food crisis. *Science* 188:598-603.
- Shimuzu, J. Y. y Higa, A. R. 1981. Racial variation of *Pinus taeda* in Southern Brazil up to 6 years of age. *Bol. Pesquisa Flor.* 2:1-26.
- Squillace, A. E. y Silen, R.R. 1962. Racial variation in ponderosa pine. *For. Sci. Mon.* 2.
- Squillace, A. N. 1966. Geographic variation in slash pine. *For. Sci. Mon.* 10.
- Stebbins, G. L. 1950. *Variation and Evolution in Plants*. Columbia University Press, Nueva York.
- Talbert, J., White, G. y Webb, C. 1980. Analysis of a Virginia pine seed source trial in the interior South. *South Jour. Appl. For.* 4(3):153-156.
- Tozawa, M. 1924. Necessity of provenance test and the urgent need of a test plantation network. *Jour. Korean For. Assoc.* 22:1-5.
- Turresson, G. 1922. The species and variety as ecological units. *Hereditas* 3:100-113.
- van Buijtenen, J.P. y Stern, K. 1967. "Marginal Populations and Provenance Research." IUFRO Kongress, Munich, Alemania, Vol. III(22), pp. 319-331.
- Vavilov, N. I. 1926. Studies on the origin of cultivated plants. *Appl. Bot. Plant Breed. (Leningrado)*, 16(2):1-248.
- Wakeley, P. C. 1954. The relation of geographic race to forest tree improvement. *Jour. For.* 52(9):653.
- Wakeley, P. C. 1963. "How Far Can Seed be Moved?" Proc. 7th South. Conf. on For. Tree Impr., Gulfport, Miss., Pub. No. 23, pp. 38-43.
- Wakeley, P. C. y Bercaw, T. E. 1965. Loblolly pine provenance test at age 35. *Jour. For.* 63(3):168-174.

- Wells, O. O. y Wakeley, P. C. 1966. Geographic variation in survival, growth and fusiform-rust infection of planted loblolly pine. *For. Sci. Mono.* 11.
- Wells, O. O. y Wakeley, P. C. 1970. Variation in longleaf pine from several geographic sources. *For. Sci.* 16(1):28-42.
- Wells, O. O. 1971. "Provenance Research and Fusiform Rust in the Southern United States," 4th N. Amer. For. Biol. Workshop, Siracusa, N. Y., pp. 23-28.
- Whyte, A. G. D., Adams, P. y McEwen, S. E. 1980. "Size and Stem Characteristics of Foxtails Compared With *P. caribaea* v. *hondurensis* of Normal Habit." IUFRO, Division 5 Conference, Oxford, Inglaterra, p. 59.
- Wiersma, J. H. 1963. A new method of dealing with results of provenance tests. *Sil. Gen.* 12(6):200-205.
- Woods, F. W., Vincent, L. W., Moschler, W. W. y Core, H. A. 1979. Height, diameter and specific gravity of "foxtail" trees of *Pinus caribaea*. *For. Prod. Jour.* 29(5):43-44.
- Wright, J. W. y Baldwin, H. I. 1957. The 1938 International Union Scotch pine provenance test in New Hampshire. *Sil. Gen.* 6(1):2-14.
- Zobel, B. J., Campbell, T. E., Cech, F. C. y Goddard, R. E. 1956. "Survival and Growth of Native and Exotic Pines, Including Hybrid Pines, in Western Louisiana and East Texas." Research Note 17, Texas Forest Service.
- Zobel, B. J. 1961. "Pines in the Tropics and Sub-tropics." Proc. IUFRO, 13th Congress, Vienna, Austria, Vol. 1(22/10) pp. 1-9.
- Zobel, B. J. 1964. Pines of southeastern U.S., Bahamas and Mexico and their use in Brazil. *Silvi. São Paulo* 3(3):303-310.
- Zobel, B. J. 1979. Florestas baseadas em exóticas (forestry based on exotics). *Bol. Tec.* 2(3):22-30.
- Zobel, B. J. 1981. Wood quality from fast grown plantations. *Tappi* 64(1):71-74.