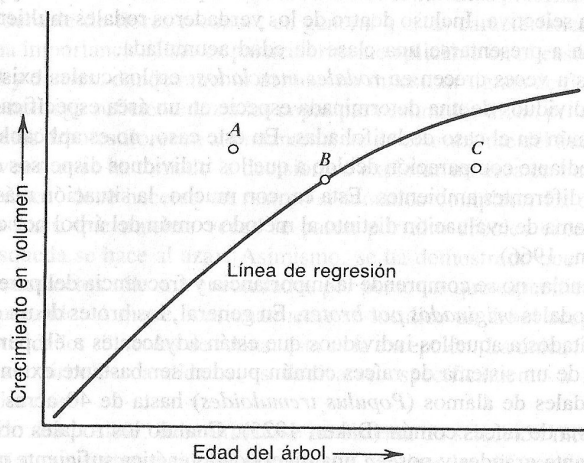


Aunque no son rodales originados por brotes, ocasionalmente los árboles forman injertos de raíz que pueden dificultar también la selección de los árboles (Yli-vakkuri, 1953; Bormann, 1966; Schultz y Woods, 1967; Eis, 1972). El resultado del injerto de raíz suele ser que el árbol grande se beneficia a expensas del árbol pequeño al absorber los nutrientes de este último, con el cual comparte un sistema de raíces común. Esto aumenta la superioridad del árbol más grande y es un efecto ambiental que no puede lograrse a través del proceso de selección.

### Sistema de selección por regresión

El método más útil para evaluar árboles en los rodales mezclados, en los multietáneos o de distinta edad descritos anteriormente, es el *sistema de regresión*. Este sistema requiere la elaboración de tablas donde se relacione la característica de interés con la edad del árbol. El método de regresión es de particular importancia en lo que se refiere a las características del crecimiento, ya que las características cualitativas con frecuencia



**Figura 5.7** El sistema de selección por regresión es particularmente adecuado para rodales heterogéneos o para rodales de edades múltiples. Consiste en desarrollar una curva de producción (que ilustra el crecimiento) para las diferentes edades de los árboles de un determinado sitio. El árbol candidato A cae por arriba de la curva, y por lo tanto presenta el crecimiento deseable para su edad. El árbol B tiene un crecimiento promedio, y por lo tanto su selección depende de otras características, mientras que el árbol C muestra un crecimiento inferior para su edad, por lo que no debe utilizarse. Si la dispersión de edades es considerable, la línea de regresión debe basarse en por lo menos 50 árboles.

sólo pueden determinarse con base en el fenotipo del árbol candidato, sin la necesidad de utilizar árboles para comparación.

El sistema de selección por regresión consiste en muestrear cierto número de árboles para una característica deseada, por ejemplo, el crecimiento en volumen en un sitio determinado, y graficarlos después en relación con la edad (figura 5.7). Es de importancia fundamental que se hagan diferentes regresiones para distintos sitios. Es posible desarrollar una curva de regresión confiable para altura o volumen muestreando aproximadamente 50 árboles, siempre que exista una distribución razonable de grupos de edades. Una vez que se ha trazado la curva, la regresión se utiliza como sigue:

1. Se selecciona un árbol candidato con base en la opinión del seleccionador y se miden las características deseadas, tales como altura o volumen.
2. Se coloca la característica en la gráfica de regresión utilizando la edad y sitio adecuados. Si el árbol candidato cae a alguna distancia definida arriba de la línea de regresión es aceptable, y cuanto más arriba quede colocada, más conveniente es aquél (figura 5.7). Cuando el valor de la característica queda abajo del nivel aceptable, el árbol se rechaza.

Aunque el sistema de regresión funciona bien, requiere un trabajo previo considerable. Para complicar la situación, algunas especies, especialmente las latifoliadas de porosidad difusa y de lugares húmedos, carecen de anillos de crecimiento definidos, lo cual dificulta determinar su edad. Cuando esto ocurre, y si se desconoce la historia o la edad de establecimiento del rodal (que es la situación habitual), muchas veces es posible hacer una estimación razonable de la edad si crecen entremezclados en el rodal árboles con anillos porosos. Éstos pueden utilizarse para determinar la edad del rodal. Por ejemplo, el "tupelo gum" (*Nyssa aquatica*) posee por lo general anillos de crecimiento indistinguibles. Con frecuencia, junto a esta especie crece el fresno "green" (*Fraxinus pennsylvanica*), el cual posee anillos que pueden determinarse fácilmente. La edad del fresno se aplica entonces al árbol candidato (el "tupelo gum") con razonable exactitud, ya que se sabe que dichos rodales tienen por lo general la misma edad. Una excepción importante son algunos bosques tropicales que han desarrollado una condición real de la misma edad.

El sistema de regresión es más difícil de utilizar que el método del árbol por comparación, pero no hay duda de que aquél se utilizará con más frecuencia a medida que se practique más habitualmente el mejoramiento genético forestal de latifoliadas.

### Sistema del árbol madre

Cuando no existe una urgencia inmediata de obtener grandes cantidades de semilla mejorada, el sistema de selección del árbol madre puede ser el mejor. Consiste en localizar "buenos" árboles que en general no son tan buenos como los árboles selectos en los sistemas de regresión o del árbol por comparación. Luego, debe obtenerse semilla de ellos y establecer las plántulas en pruebas genéticas. Después de esto, pueden utilizarse ya sea los mejores árboles progenitores o los mejores árboles de las mejores fa-

milias en un huerto vegetativo. Si se desarrolla convenientemente, la prueba de progenie puede refinarse para crear un huerto semillero de plántulas.

La principal desventaja del sistema del árbol madre es que se requiere bastante tiempo antes de obtener cantidades comerciales de semilla para los programas de plantación. Las pruebas deben llevarse a cabo durante un período largo, de por lo menos la mitad de la edad de rotación si se desea estimar razonablemente el crecimiento antes de establecer el huerto semillero. Este método se ha utilizado ampliamente en latifoliadas, para las cuales los programas de plantación son pequeños y no se necesita la semilla de inmediato. También da buenos resultados en el caso de especies que crecen a rotaciones muy cortas, como los eucaliptos. Si se utiliza el concepto del *huerto provisional de plántulas*, puede acortarse el tiempo necesario para la producción de semillas, pero disminuyen las ganancias potenciales debido a que el diferencial de selección es más pequeño en el huerto de plántulas que en el huerto vegetativo. El sistema del árbol madre puede también dar buenos resultados en rodales altamente explotados, donde se cuenta con pocos fenotipos buenos. También puede ser el mejor método en el caso de características como la resistencia a las enfermedades, la cual sólo puede determinarse a través de pruebas.

### Sistema de puntaje subjetivo

Algunas personas que conocen bien una especie en particular piensan que puede efectuarse una tarea aceptable de selección basándose únicamente en el juicio de quien realiza dicha selección respecto a lo que constituye un buen árbol. Sin duda, esto es posible, pero quien hace la selección debe *conocer* muy bien *la especie* y ser lo más imparcial posible. Este sistema ha sido utilizado con éxito, pero también ha fallado. La tendencia, cuando se utiliza el sistema subjetivo, es dedicar el menor tiempo posible a la búsqueda de los árboles candidatos, seleccionando así árboles menos sobresalientes con diferenciales de selección más pequeños. Esto resulta en menos ganancia. El sistema por puntaje subjetivo suele utilizarse en el caso de latifoliadas, pero da buenos resultados sólo si quien hace la selección es una persona experimentada y está dedicada a encontrar los mejores árboles posibles.

### CARACTERÍSTICAS DESEADAS PARA LA SELECCIÓN: DESARROLLO DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN

Hay dos factores de importancia fundamental en el desarrollo de un esquema de evaluación para seleccionar árboles superiores. Primero, la característica bajo estudio debe estar por lo menos bajo un *control genético moderadamente fuerte*. Segundo, la característica *debe tener un valor económico considerable*. Sin importar la magnitud de cualquiera de estos factores, una característica es de poco uso en un programa de selección cuando el control genético o el valor económico son demasiado bajos. Por ejemplo, si una característica como el tamaño de las acículas o de las hojas estuviera bajo un fuerte control genético, tendría poco valor en un programa comercial de mejo-

ramiento genético forestal. Éste sería el caso si árboles con acículas largas y hojas grandes no produjeran una cantidad mayor de los productos deseados que aquellos árboles con acículas y hojas pequeñas. El valor numérico asignado a cada característica en el proceso de evaluación de un árbol se determina comparando la heredabilidad de la característica con su valor económico. Por ejemplo, la rectitud del fuste suele considerarse como más importante que el tamaño de las ramas debido a su mayor control genético, así como también por su mayor valor económico.

La tasa de crecimiento casi siempre es la *característica fundamental* del programa de selección (Bouvarel, 1966; van Buijtenen, 1969), pero otras características suelen ser también importantes. En áreas como el sureste de los Estados Unidos, donde el ambiente es favorable para el crecimiento de los árboles, el principal objetivo inicial en los huertos de primera generación frecuentemente es mejorar las características cualitativas, únicamente con un modesto intento por aumentar la tasa de crecimiento. Esta prioridad de las características sobre el volumen debería utilizarse cuando las selecciones se hacen en rodales silvestres sin manejo, donde la heredabilidad para el crecimiento es baja. En el mejoramiento genético forestal de generación avanzada o en plantaciones donde las selecciones se hacen en rodales más uniformes, de la misma edad e igual espaciamiento, la heredabilidad para la tasa de crecimiento es mayor, por lo que el mejoramiento debe centrarse más en el crecimiento en volumen.

La mayoría de los programas de selección de primera generación tienen un *valor "umbral"* para cada característica, debajo del cual ningún árbol es aceptado para un huerto operativo, sin importar qué tan excelente pueda ser el resto de las características del árbol. Los árboles que tienen una característica marginalmente aceptable suelen mantenerse en bancos clonales de investigación para un posible uso posterior.

No es apropiado dar una lista de características para las cuales debe llevarse a cabo la selección, debido a que éstas varían con la especie, el producto deseado y los objetivos de cada programa. Sin embargo, para ilustrar los tipos de características utilizadas en ocasiones y los valores relativos de éstas, se muestra en la tabla 5.1 una modificación del método de selección utilizado para la primera generación en la *North Carolina State University-Industry Tree Improvement Cooperative*. Nótese los valores relativos diferenciales para las distintas características. No se incluyen las características del "todo o nada", como la presencia o ausencia de enfermedad o daños por insectos. Tampoco se incluye una evaluación para el peso específico de la madera. En el sistema de selección de primera generación utilizado por la cooperativa ya mencionada, el valor relativo al peso específico fue determinado por cada empresa, dependiendo de su propio producto. Esto se hizo debido a que algunos deseaban pesos específicos altos y otros pesos bajos, mientras que todavía otros prefirieron árboles con pesos específicos intermedios. La adaptabilidad tampoco se incluye en los formatos de selección debido al hecho de que automáticamente se toma en cuenta, puesto que los árboles se seleccionan y prueban en las mismas áreas en las que se plantan. Se ha supuesto que los árboles sanos y vigorosos de los rodales naturales están bien adaptados al ambiente en el cual crecen. Es necesario un sistema de evaluación un poco distinto para latifoliadas. Un método para reportar selecciones en estos árboles ha sido descrito por Pitcher y Dorn (1966).

**Tabla 5.1** Formato para evaluar árboles superiores en coníferas<sup>a</sup>.

Institución \_\_\_\_\_ Número de árbol \_\_\_\_\_  
 Localidad \_\_\_\_\_ Especies \_\_\_\_\_  
 Evaluador \_\_\_\_\_ Plantación \_\_\_\_\_ Natural \_\_\_\_\_  
 Fecha \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_

**Los cinco mejores árboles comerciales (para comparación)<sup>b</sup>** **Registro del árbol candidato**

Alt.	DAP	Vol.	Edad	
1				1. Altura _____
2				2. Volumen _____
3				3. Copa _____
4				4. Rectitud del fuste _____
5				5. Poda natural _____
				6. Diámetro de ramas _____
				7. Ángulo de ramas _____
Total				Valor total _____
Promedio				

**Observaciones**

**Árbol candidato (c) Promedio de los árboles testigos (t)**

Vol. \_\_\_\_\_  
 Alt. \_\_\_\_\_  
 DAP \_\_\_\_\_  
 Madera \_\_\_\_\_  
 Peso específico \_\_\_\_\_

**1. Superioridad en altura**

Menor del 10%	0 puntos
10-11%	1 punto
12-13%	2 puntos
14-15%	3 puntos
16-17%	4 puntos
18-19%	5 puntos
20%	6 puntos
Mayor del 20%	7 puntos

- Volumen**, fórmula:  $Vc/Vt$ ;  $c$  = candidato;  $t$  = testigo (promedio de los cinco). Al árbol candidato se le da un punto por cada exceso en volumen del 10% respecto al de los testigos.
  - Copa**, evaluada subjetivamente desde el punto de vista del árbol candidato individual comparada con los cinco árboles testigo y registrada como sigue:
    - Con base en la conformación, densidad del follaje, dominancia y radio de la copa de 0 a 5 puntos, dependiendo de la superioridad.
  - Rectitud del fuste**, considerada subjetivamente para el árbol candidato individual y no comparada con los testigos. No se aceptan árboles que muestren fustes con torcimiento excesivo, cualquier curvatura en dos planos, o bien una curvatura en un plano que impida trazar una línea desde el extremo de la altura comercial a la base del tronco para mantenerse dentro de los límites de éste. Valorada subjetivamente asignando de 0 a 5 puntos; el número de puntos depende de la rectitud relativa del individuo.
  - Poda natural**, capacidad del árbol candidato para perder sus ramas inferiores (muertas y vivas), en comparación con los testigos: si es similar a la de los testigos, se le asignan 0 puntos; si es superior a la de los testigos, recibe de 1 a 3 puntos, dependiendo de la superioridad. La poda natural se considera subjetivamente comparando el árbol candidato con cada uno de los testigos.
  - Diámetro de las ramas**, se considera subjetivamente, se comparan el árbol candidato y los testigos. Si el diámetro de las ramas tiene un valor promedio, se asignan 0 puntos; se asignan 1 ó 2 puntos en el caso de ramas con diámetro inferior al de las ramas de los testigos.
  - Ángulo de las ramas**, también se considera subjetivamente. Cuando el ángulo de las ramas tiene un valor promedio, se asignan 0 puntos; si el ángulo es recto, se asignan 1 ó 2 puntos.
- Si cualquiera de las siete categorías anteriores tiene un valor inferior al de los testigos, los puntos se deducen mediante la misma escala a medida que se suman cuando el árbol candidato es superior a los testigos. Por lo general, excepto bajo ciertas condiciones especiales, un árbol con un valor menor en una característica no se acepta.

El **peso específico** se maneja por separado. Esta característica no recibe punto alguno como tal, ya que difieren los objetivos de cada empresa. El valor de un árbol en lo que respecta al peso específico se asigna mediante dos criterios:

- Comparación del árbol candidato con los cinco árboles testigo. Esto da una indicación de la calidad de la madera del árbol cuando se compara con la de los árboles que crecen bajo las mismas condiciones ambientales.
- Comparación del árbol candidato con el promedio regional de esa especie y el de esa empresa en particular.

<sup>a</sup> Esta es una revisión de la Forma S-2 utilizada en el programa de la N. C. State-Industry Tree Improvement Cooperative.  
<sup>b</sup> Alt., altura; DAP, diámetro a la altura del pecho; vol., volumen; edad, edad de cada árbol individual.

La tendencia general es incluir *el mayor número de características* en un sistema de selección. Cuanto mayor es el número de características que deben evaluarse, más difícil resulta encontrar árboles adecuados. El objetivo de los procesos de selección y evaluación de un árbol, es destacar las pocas características más importantes como la producción en volumen, la calidad del fuste, la adaptabilidad y la resistencia a las plagas. Las características menores que se estimen deben mantenerse por encima de un nivel aceptable, pero las intensidades de selección no necesitan ser tan grandes. El objetivo es dar la mayor importancia a las características que tengan la mejor combinación de importancia económica y heredabilidad, y dar menos importancia a otras características. No se utiliza ningún árbol que tenga una característica que caiga por debajo del nivel de aceptación.

El principal objetivo de un sistema de evaluación es obligar a quien hace la selección a observar críticamente las características del árbol. La evaluación hecha no representa la decisión final acerca de si un árbol se utilizará para siempre en el huerto semillero mejorado. Finalmente se llega a esta decisión después de efectuar la prueba de progenie. Deben hacerse todos los esfuerzos por obtener los mejores fenotipos, aunque es inevitable cometer algunos errores. El método descrito en la tabla 5.1 fue utilizado en la Universidad Estatal de Carolina del Norte para seleccionar fenotipos de uso inmediato en huertos semilleros de primera generación. Esto fue seguido de la prueba de progenie y depuración de los genotipos inconvenientes para mejorar la calidad genética de los huertos de primera generación.

El sistema de evaluación mostrado en la tabla 5.1 es relativamente fácil de utilizar y es una variante del sistema del árbol por comparación descrito anteriormente. Se aplica de la manera siguiente:

1. Una vez que se ha tomado la decisión de evaluar un árbol, se seleccionan para servir de árboles testigo o de comparación los cinco mejores árboles del rodal en el cual está el árbol candidato. Estos cinco árboles, al igual que el árbol candidato, deben mostrar una copa en posición dominante o codominante y estar creciendo en condiciones de competencia que sean similares a las del árbol candidato. Los árboles para comparación se seleccionan, de acuerdo a las características deseables, casi en la misma forma que el árbol candidato. Es útil considerar a los árboles testigo como árboles para cultivo que se retendrían si quien hace la evaluación pudiera dejar a los cinco mejores árboles en el rodal y no incluir al árbol candidato. Los árboles para comparación pueden estar a distancias variables del árbol candidato, pero se seleccionan en un sitio y bajo un ambiente similar al del árbol candidato. Si éste se localiza en un sitio relativamente uniforme, se hace un intento por localizar los árboles para comparación en un círculo alrededor de él. Si no existen árboles convenientes en dicho círculo, puede seleccionarse uno o todos los árboles para comparación en cualquier sector del círculo. Cuando el árbol candidato se localiza en un terreno inclinado, los árboles para comparación deben seleccionarse en aproximadamente la misma curva de nivel que el árbol candidato. En casos donde esto no es posible, los árboles para comparación deben localizarse cuesta abajo

o en el mejor costado del árbol candidato para tener la certeza de que éste nunca se comparará con los árboles que crecen en un sitio más deficiente.

- Al árbol candidato se le asignan puntos para cada característica mostrada en el formato de selección, con base en la importancia de la característica y la relación del árbol candidato con los cinco árboles testigo o de comparación. Las características de altura y diámetro se miden realmente en los árboles candidato y en los testigo. La conformación de la copa, la poda natural, el ángulo de las ramas respecto al tronco y el diámetro de las mismas, se registran subjetivamente comparando visualmente las características de los árboles candidato y los testigo. La rectitud del fuste del árbol y las enfermedades o las infecciones causadas por insectos, se registran subjetivamente *únicamente* en el árbol candidato y no se juzgan en relación con los árboles testigo. Así, para que un árbol sea aceptado, debe satisfacer un nivel dado de rectitud del fuste, sin importar qué tan rectos o retorcidos estén los fustes de los árboles testigo. En rodales coetáneos naturales, el árbol candidato es rechazado inmediatamente si es tres años mayor que el promedio de los cinco árboles testigo; a la inversa, se le asignan puntos si es 2 años más joven que el promedio de esos cinco árboles.
2. No se acepta árbol alguno si está atacado por enfermedades o insectos importantes. En los pinos del sur de Estados Unidos se rechazan algunos de los mejores árboles si están infectados por la roya fusiforme. La enfermedad está controlada genéticamente lo suficiente como para obtener buenas ganancias al seleccionar únicamente árboles sanos, para utilizarlos en los huertos semilleros cuando los niveles de infección son altos (Goddard y colaboradores, 1975).
  3. Asimismo, se extrae del árbol candidato un cilindro de madera de 11 mm de diámetro de corteza a corteza a fin de utilizarlo para analizar la madera. Para determinar la longitud de las traqueidas en las coníferas, es necesario obtener una muestra grande de aproximadamente 11 mm de diámetro, pero en el caso de las latifoliadas son satisfactorias muestras más pequeñas para determinar la longitud de las fibras.

Surge la incógnita acerca de la conveniencia de utilizar el mismo sistema de evaluación o valoración en diferentes especies. Aunque suele utilizarse con bastante frecuencia el mismo sistema, existe un distinto énfasis para características diferentes. Por ejemplo, algunos pinos se evalúan más rigurosamente que otros en lo que respecta a la poda natural, y otros se evalúan más rigurosamente con respecto a la rectitud del fuste. En general, para las latifoliadas es necesario elaborar distintos formatos de selección con diferentes valores relativos, especialmente para incluir las características de ramificación epicórmica y dominancia del crecimiento apical.

Debe destacarse que el sistema de evaluación descrito aquí fue desarrollado por la cooperativa antes mencionada para utilizarlo únicamente en pinos y que sólo se muestra como ejemplo de un sistema de evaluación basado en el árbol de comparación. Otros programas de mejoramiento genético forestal, incluyendo algunos que tratan con las mismas especies que la cooperativa de Carolina del Norte, utilizan sistemas un poco distintos, los cuales las empresas piensan que son los mejores por sus

circunstancias particulares. La última recomendación es que cada empresa debe desarrollar sistemas que se adapten a sus propias limitaciones genéticas, ambientales y económicas.

### SELECCIÓN INDIRECTA *(temprana o precoz)*

Para algunas características, se ha encontrado que es más fácil utilizar la selección indirecta que seleccionar directamente una característica específica. Este procedimiento es especialmente valioso para árboles forestales, debido a su larga vida y gran tamaño. El desarrollo de técnicas para seleccionar en etapas muy tempranas el rendimiento de un árbol en la edad de rotación, daría como resultado un intervalo de generación mucho más corto y una mayor ganancia genética por unidad de tiempo y, además, estimularía ampliamente los esfuerzos del mejoramiento genético forestal.

De manera general, se ha demostrado que en el caso de árboles forestales no es conveniente practicar la selección para la mayoría de las características de crecimiento a edades avanzadas con base en el rendimiento de árboles muy jóvenes. Este problema se relaciona principalmente con la dificultad de obtener buenas correlaciones juvenil-maduro, como se indicó en el capítulo 1. En tal capítulo, se destacó que no deben estimarse las características de crecimiento antes de aproximadamente la mitad de la edad de rotación en rodales naturales o en plantaciones. Las estimaciones del crecimiento pueden ser convenientes entre los 6 y los 10 años de edad en las pruebas genéticas, cuando la edad normal de rotación es de 25 años o más (Lambeth, 1980). La determinación de las características de la plántula que se utilizarían para predecir el crecimiento en árboles maduros sería muy útil, como lo ha señalado Kozłowski (1961). Sin embargo, la mayoría de las pruebas utilizadas para predecir el futuro crecimiento con base en la fotosíntesis bruta o neta han dado en general resultados insatisfactorios, tanto en fuentes de semilla (Gordon y Gatherum, 1967) como en familias (Burkhalter y colaboradores, 1967; Ledig y Perry, 1969; Ledig, 1974). Sin duda, se desarrollarán mejores métodos para predecir el crecimiento en las etapas tempranas, y actualmente se están llevando a cabo numerosas investigaciones a este respecto (Shimizu y colaboradores, 1976). El desarrollo de métodos razonablemente precisos para estimar el crecimiento de individuos maduros a partir de las características de la plántula es una de las necesidades más urgentes en la investigación del mejoramiento genético forestal.

Un segundo problema relacionado con la selección indirecta, es la relativa independencia genética existente entre la mayoría de las características de los árboles forestales. Para que este tipo de selección sea eficaz, deben correlacionarse estrechamente las dos características que se están comparando. Dicha correlación parece ser relativamente mínima en el caso de muchas características de los árboles forestales.

Se han ensayado algunos métodos de selección indirecta para resistencia a las plagas, obteniéndose sólo resultados insatisfactorios (Lewis, 1973; Rockwood, 1973; von Weissenberg, 1973; Wilkinson, 1980). Todos los investigadores encontraron que tanto las plagas como las características fisiológicas utilizadas en la selección indirecta estaban razonable y fuertemente controladas genéticamente, pero que no estaban

correlacionadas lo suficiente como para ser utilizadas en un método de selección indirecta.

Conforme aumenta la información científica sobre biología forestal, la selección indirecta bien puede llegar a aplicarse a ciertas características. Sin embargo, hoy en día dicho método de selección está en la etapa de investigación, por lo que no puede aplicarse a gran escala.

### BIBLIOGRAFÍA

- Andersson, E. 1963. "Directions for Selection of Plus Trees and Phenotype Control; *Pinus silvestris* and *Picea abies*." World Cons. on For. Gen. and Tree Impr., Section 9, Estocolmo, Suecia.
- Baker, F. S. 1925. "Aspen in the Central Rocky Mountain Region." USDA Bulletin, Washington, D.C.
- Beineke, W.F. y Low, W. J. 1969. "A Selection System for Superior Black Walnut Trees and Other Hardwoods. Proc. 10th South. Conf. of For. Tree Impr., Houston, pp. 27-33.
- Bey, C.F., Hawker, N. L. y Roth, P. L. 1971. "Selecting Trees for Growth and Form in Young Black Walnut Plantations." 11th Vong. on South. For. Tree Impr., Atlanta, Ga.
- Bormann, F.H. 1966. The structure, function and ecological significance of root grafts in *Pinus strobus*. *Ecol. Mono.* 36(1):1-26.
- Bouvarel, P. 1966. "Economic Factors in the Choice of a Method of Forest Tree Breeding." Sexto Congreso Forestal Mundial, Madrid.
- Burkhalter, A. P., Robertson, C. F. y Reiner, M. 1967. "Variation in Photosynthesis and Respiration in Southern Pines" Ga. For. Res. Paper 46, Macon, Ga.
- Butcher, T. B. 1977. "Gains from *Pinus pinaster* Improvement Program in Western Australia. 3rd World Consul. on For. Tree Breed., Canberra, Australia.
- Clausen, K. E. y Godman, R. M. 1967. "Selecting Superior Yellow Birch Trees." North Central Forest Experimental Station Research Paper NC-20.
- Cook, D.B. 1957. "Criteria for Judging "Plus" Larch Trees." Proc. 7th Northwestern For. Tree Impr. Conf., Burlington, Vt., pp. 40-42.
- Eis, S. 1972. Root grafts and their silvicultural implications. *Can. Jour. For. Res.* 2:111-120.
- Eldridge, K. G. 1966. Genetic improvement of *Eucalyptus regnans* by selection of parent trees. *Appita* 19(6):133-138.
- Giertych, M. 1967. Genetic gain and methods of forest tree seed production. *Sylvan* 110(11):59-64.
- Goddard, R. E., Schmidt, R. A. y Vande Linde, F. 1975. Effect of differential selection pressure on fusiform rust resistance in phenotypic selections of slash pine. *Phytopathology*. 65(3):336-338.
- Gordon, J. C. y Gatherum, G. E. 1967. "Photosynthesis and Growth of Selected Scotch Pine Seed Sources." 8th Lake States For. Tree Impr. Conf., pp. 20-23.
- Jett, J. B., Weir, R. J. y Barker, J. A. 1977. "The Inheritance of Cellulose in Loblolly Pine." TAPPI For. Biol. Comm. Meet., Madison, Wisc.
- Kozłowski, T. T. 1961. "Challenges in Forest Production—Physiological Implications." 50th Anniversary of the State University College of Forestry, Syracuse, Nueva York.

- Lambeth, C. C. 1980. Juvenile-mature correlations in Pinaceae, and their implications for early selection. *For. Sci.* **26**:571-580.
- Langner, W. 1960. "Improvement through Individual Tree Selection and Testing Seed Stand, and Clonal Seed Orchards." 5th World For. Cong., Seattle, Washington.
- Ledig, F. T. y Perry, T.O. 1969. Net assimilation rate and growth in loblolly pine seedlings. *For. Sci.* **15**(4):431-438.
- Ledig, F. T. 1974. "Photosynthetic Capacity: Developing a Criterion for the Early Selections of Rapidly Growing Trees." Bull. No. 1985, Champion International Corp. Lectureships, pp. 19-39.
- Lewis, R. 1973. "Quantitative Assessment and Possible Biochemical Indicators of Variation in Resistance to Fusiform Rust in Loblolly Pine." Ph.D. thesis, North Carolina State University, Raleigh.
- Morgenstern, E. K., Holst, M. J., Teich, A. H. y Yeatman, C. W. 1975. "Plus Tree Selection—Review and Outlook." Department of Environment, Canadian Forest Service, Pub. No. 1347, Ottawa, Canadá.
- Pederick, L. A. 1970. "Selection Criteria." Proc. 2nd Mtg. Beerwah, Queensland, Australia.
- Pitcher, J. A. y Dorn, D. E. 1966. "A New Form for Reporting Hardwood Superior Tree Candidates." Proc. 5th Central States For. Tree Impr., Wooster, Ohio. pp. 7-12.
- Porterfield, R. L., Zobel, B. J. y Ledig, F. T. 1975. Evaluating the efficiency of tree improvement programs. *Sil. Gen.* **24**(2-3):33-34.
- Reilly, J. J. y Nikles, D. G. 1977. "Analysing Benefits and Costs of Tree Improvement: *Pinus caribaea*." 3rd World Cons. For. Tree Breed., Canberra, Australia.
- Robinson, J.F. y van Buijtenen, J.P. 1971. "Tree Grading without the Use of Check Trees." Proc. 11th Conf. on South. For. Tree Impr., Atlanta, Ga., pp. 207-211.
- Rockwood, D. 1973. Monoterpene-fusiform rust relationships in loblolly pine. *Phytopathology* **63**(5):551-553.
- Schreiner, E. J. 1972. "Procedures for Selection of Hybrid Poplar Clones for Commercial Trials in the Northeastern Region." Proc. 19th Northeastern For. Tree Impr. Conf., Orono, Me., pp. 108-116.
- Schultz, R. P. y Woods, F. W. 1967. The frequency and implications of intraspecific root-grafting in loblolly pine. *For. Sci.* **13**(3):226-239.
- Shelbourne, C. J. A. 1970. "Breeding Strategy." Research Work Group No. 1, Res. Comm. of the Aust. For. Council, Proc. 2nd Mtg., Beerwah, Australia.
- Shelbourne, C. J. A., Thulin, I. J. y Scott, R. H. M. 1972. "Variation, Inheritance and Correlation amongst Growth, Morphological and Wood Characters in Radiata Pine." Forestry Research Institute, Genetics and Tree Improvement Report No. 61, New Zealand Forest Service, Rotorua, Nueva Zelanda.
- Shimuzu, J. Y., Pitcher, J. A. Fishwick, R. W. 1976. Early selection of superior phenotypes in *Pinus elliottii*. PRODEPEF, Brasil.
- van Buijtenen, J. P. 1969. "Progress and Problems in Forest Tree Selection." Proc. 10th South. Conf. on For. Tree Impr., Houston, Texas, pp. 17-26.
- van Buijtenen, J. P. y Saitta, W. W. 1972. Linear programming applied to the economic analysis of forest tree improvement. *Jour. For.* **70**:164-167.
- Vidakovic, M. 1965. "Selection of Plus Trees." Sumarski List, Internacionalni simpozij. IUFRO, Zagreb, pp. 7-20.
- von Weissenberg, K. 1973. Indirect selection for resistance to fusiform rust in loblolly pine. *Acta For. Fenn.* **134**: 1-46.

- Walters, J., Soos, J. y Haddock, P. G. 1960. The Selection of Plus Trees on the University of British Columbia Research Forest, Haney, British Columbia." Research Paper No. 33., University of British Columbia, Vancouver, Canadá.
- Wilkinson, R. C. 1980. Relationship between critical monoterpenes and susceptibility of Eastern white pine to white-pine weevil attack. *For. Sci.* **26**(4):581-589.
- Wright, J. W. 1960. "Individual Tree Selection in Forest Genetics." Proc. 4th Lakes States For. Tree Imp. Conf. Stat. Paper No. 81, Lake States Forestry Experimental Station, pp. 25-44.
- Yli-vakkuri, P. 1953. Tutkimuksia puient valisista elimillisista juuriyteyksista mannikoissa [Studies of organic root-grafts between trees in *Pinus Sylvestris* stands]. *Acta For. Fenn.* **60**(3):1-117.
- Zobel, B.J., Stonecypher, R., Brown C. y Kellison, R.C. 1966. Variation and inheritance of cellulose in the southern pines. *Tappi* **49**(9):383-387.
- Zauffa, L. 1975. Broad sense heritability values and possible genetic gains in clonal selection of *P. griffithii* x *P. strobus*. *Sil Gen.* **25**(4):85-88.