

INTRODUCCION

La planificación de un programa de mejora genética forestal tiene muchos aspectos. Uno de los factores más importantes es la etapa de elaboración del proyecto de reforestación. Una situación común que sirve de punto de referencia para la presente conferencia es aquella en la cual una especie que tiene una gran variación geográfica, conocida o supuesta, haya ya dado buenos resultados en grandes plantaciones locales. El proyecto de reforestación tiene por objeto satisfacer la necesidad de varios productos para uso local y/o para la exportación. La escala de las operaciones basta para justificar un programa de mejora genética continuo con varias generaciones.

Pueden preverse muchas variaciones, sean más avanzadas o menos avanzadas, de este modelo de referencia con las modificaciones correspondientes en los respectivos programas de mejora genética forestal. Aquí no es posible considerar varias situaciones de este tipo y por tal motivo sólo se insiste en los principios de la planificación de un programa de mejora genética forestal.

CONSIDERACIONES PRELIMINARES

La primera etapa en la planificación de un programa de mejora genética forestal consiste en determinar qué tipos de productos se necesitarán probablemente y los fines del manejo de bosques en el presente y en el futuro.

La segunda etapa consiste en estudiar lo siguiente:

Asuntos administrativos

- i) Formulación y exposición de los objetivos del programa de mejora genética forestal, para contribuir con más eficacia al logro de los objetivos globales. Es preciso exponer los objetivos con la mayor claridad y precisión posibles.
- ii) Disponibilidad de fondos, equipo, instalaciones y personal calificado. Puede requerirse capacitación adicional.
- iii) Continuidad del programa. Conviene estimular a personas idóneas para que hagan de la mejora genética su profesión. Si hay dudas en cuanto a la continuidad del personal competente, es indispensable emplear en el programa estrategias sencillas y seguras.
- iv) Posible reorganización de los recursos administrativos, para obtener locales idóneos para que el personal de mejora genética forestal esté junto al de silvicultura, suelos y nutrición, calidad y productos de la madera, manejo de bosques, etc.
- v) Oportunidades de cooperación, en la labor de mejora genética a nivel local, regional, nacional e internacional. Así se puede lograr dividir los gastos de asistencia técnica e investigación, intercambiar ideas y despertar entusiasmo.

Asuntos técnicos

- i) Determinación de los factores que limitan la producción forestal en la región y modo de manejarlos para alcanzar los objetivos globales establecidos. Es indispensable basar el programa de mejora genética forestal en una silvicultura, un manejo y una utilización atinados. Conviene tener presentes los plazos relativamente largos de la labor de mejora genética forestal y la posibilidad de que las técnicas de manejo y utilización del bosque cambien rápidamente.
- ii) Elección de las especies y procedencias para obtener el tipo de producto deseado. Es indispensable identificar las especies y procedencias mejores para cada tipo principal de estación.
- Conviene buscar información biológica básica sobre la especie (por ejemplo, variabilidad ecológica y morfológica, variación individual y facilidad de propagación por semilla o por la vía vegetativa), así como posibles técnicas de mejora basadas en la experiencia de otros países. Con frecuencia es conveniente aprovecharse de características biológicas específicas de una especie determinada.
- iii) Determinación de las características fáciles de manejar por vías genéticas. Hacer estudios básicos para obtener estimaciones fiables de los parámetros genéticos es muy importante para aumentar la eficacia de la selección y de la estrategia de mejora genética.
- La elaboración de métodos sencillos de evaluación, anotación y elaboración de los datos suele ser necesaria para la realización de estos estudios.
- iv) Estimación del número de generaciones y de años necesarios para lograr cierto grado de mejora de características importantes. Conviene hacer un estudio crítico de estos datos y compararlos con el grado de urgencia con que se necesite el material mejorado.
- v) Recolección de los datos para el análisis de costos y beneficios durante todo el desarrollo del programa.

Del análisis de costos y beneficios tratan obras tales como Van Buijtenen (1975); Porterfield (1978); Reilly y Nikles (1978); Teich y Carlisle (1978) y van der Meiden (1978).

CRITERIOS Y FUNDAMENTOS DE LA SELECCION

Criterios de la selección

Al escoger las características que se incluirán en el programa, conviene limitarse a unas pocas que tengan gran potencial de utilidad económica y que no puedan mejorarse a menor costo con métodos de cultivo o tecnológicos. Conviene incluir una característica si interesan uno o más de los factores siguientes:

- i) gran valor económico
- ii) probabilidad de que el valor de la característica se mantenga aunque cambie la demanda de los productos específicos en el futuro
- iii) gran variabilidad y heredabilidad, ya que indican un gran potencial de ganancia genética
- iv) la característica tenga una correlación positiva, o bien sea independiente de otras características deseadas
- v) interacción favorable o combinación positiva entre los métodos genéticos por una parte y , por otra, los métodos de manejo y la mejora non-genética.

Algunas características son convenientes virtualmente para todos los productos finales y por eso cabe prever que mantendrán su importancia primordial por mucho tiempo. Estas son: la buena salud, el crecimiento rápido, la ausencia de malformación, el tronco recto, el gran ángulo de las ramas. Varias otras características tienen mucho valor para productos específicos, por ejemplo, propiedades especiales de la madera, forma de ramificación, diámetro de las ramas, longevidad de las ramas y defectos del tronco tales como agujeros de conos.

Al planificar un programa es preciso prestar atención al orden de importancia económica probable de los posibles criterios de selección muchos años después, y modificar este orden según los resultados previstos de la mejora genética. A continuación se puede determinar el mérito global de cada árbol escogido preliminarmente para el programa de mejora genética.

Fundamento de la selección

El grado de mejora genética que se puede alcanzar en determinadas características mediante la selección depende de tres componentes, a saber: (i) variación, (ii) heredabilidad, y (iii) proporción de árboles seleccionados. El grado de mejora se expresa como ganancia genética, ΔG , la que es igual al producto de la heredabilidad por la diferencial de selección.

- i) La variación de las características a mejorar es un requisito previo y un punto de partida para todo programa. Conviene hacer la selección inicial en grandes poblaciones en las que no se haya estrechado la base genética; una base estrecha se encontrará, por ejemplo, en rodales en los cuales la semilla que originalmente se usó para establecerlos fue recolectada de unos pocos árboles.

- ii) La heredabilidad (h^2) es la medida del grado en el cual un carácter exprime la influencia de la herencia en comparación con el ambiente y se expresa como la proporción entre la variación genética y la fenotípica (causada por la herencia sumada al ambiente) (Para más detalles, véase la ponencia sobre genética cuantitativa). Si la selección se realiza en rodales coetáneos con espaciamiento regular en sitios uniformes, se minimizan los efectos ocultantes del ambiente y aumenta la exactitud de la determinación de la proporción genética de la variación. Al seleccionar árboles superiores, esta exactitud puede aumentarse aún más estratificando la plantación según la clasificación de los sitios, comparando los árboles propuestos superiores con árboles vecinos que crecen en sitios semejantes, reajustando el volumen total según los efectos del tamaño de la copa, etc.

- iii) Proporción de árboles seleccionados. El componente de ganancia más sujeto a la influencia del mejorador es la proporción de árboles seleccionados en la población. La intensidad de la selección se mide según la diferencial de selección (s), o sea, la diferencia entre la media de los árboles seleccionados por determinada característica y la media de la población inicial con la misma característica. En teoría, mientras mayor es la diferencial de selección, mayor es la ganancia genética. Sin embargo, hay que considerar que en la práctica la extensión del área en que se busca sube logarítmicamente en comparación con el valor de la diferencial de selección (Shelbourne, 1973), esto equivale a decir que, para que se doble el diferencial de selección, uno tendrá que aumentar el área incluida en la búsqueda por diez veces. Así el costo de la búsqueda de "un árbol en un millón" no permite lograr una diferencial de selección igualmente grande y convendrá hacer una selección menos rigurosa de los individuos que se incluirán en la primera vuelta del programa de mejora genética (alrededor de 0,1 por ciento). En la práctica, los países que tienen plantaciones cuya extensión es relativamente pequeña tendrán que hacer una selección menos intensa aún (probablemente seleccionando alrededor del 1 por ciento de los árboles).

ESTRATEGIA

La determinación del sistema más eficaz de manejo de las diversas partes de un programa de mejora genética dentro de las limitaciones de tiempo y demás recursos disponibles puede ser compleja y por eso es necesario encontrar soluciones de transacción cuando hay intereses contradictorios. El plan que se elabora en base al cumplimiento de todas las condiciones necesarias recibe el nombre de estrategia de mejora genética y los procedimientos biológicos, tales como el injerto y la polinización dirigida, se denominan técnicas de mejora genética. Así una estrategia de mejora genética es un método para lograr la mejora máxima empleando la especie, los recursos y las condiciones presentes.

Principios generales

La mejora genética persigue tres objetivos principales, a saber:

- i) obtener semilla u otro material genéticamente mejorado para su uso inmediato
- ii) seleccionar material de mejora genética idóneo para su uso en el futuro
- iii) obtener información genética adecuada para su uso en el presente y en el futuro.

Además, hay que tener en cuenta la necesidad de conservar recursos genéticos de las poblaciones originarias y de las "razas locales" ("land races") de las especies interesadas.

Poblaciones

El objetivo a largo plazo que persigue el mejorador genético forestal es obtener poblaciones reproductoras óptimas para crear genotipos cumulativamente mejores para huertos semilleros de la segunda y siguientes generaciones (Namkoong, 1972). Esto implica una grave contradicción entre las ganancias potenciales a corto y a largo plazo, ya que reduciendo la base genética a través de selección repetida, se reduce el tamaño efectivo de la población. Esta contradicción se puede atenuar manteniendo lado a lado una jerarquía de poblaciones separadas que representen una serie de intensidad de selección creciente, pero un tamaño decreciente de la población efectiva (Burdon, Wilcox y Shelbourne, 1978). Estas poblaciones son las siguientes:

- 1) Acervo de genes - Población en la cual se mantiene toda la gama de la variación genética; a veces puede ser igual a la población de base.

- ii) Población base (población de selección) - Población grande dentro de la cual se seleccionan árboles superiores; se recomienda alrededor de 1 millón de árboles (500-1 000 ha).
- iii) Población reproductora - Población seleccionada que contiene como mínimo 200-300 árboles escogidos por su superioridad dentro de la población base. Se emplea en todo o en parte para engendrar la población de selección siguiente.
- iv) Población de producción de semillas - Población de 30-100 árboles plantados para producir semilla para plantaciones forestales (o sea, para la población productora de madera).

Hay muchas variaciones de este modelo. La propagación vegetativa en masa permite eliminar la población productora de semillas como entidad separada, y el huerto semillero formado con plantas de semilla permite a veces combinar (ii) con (iii).

La población productora de semilla clásica es el huerto clonal; la intensidad de selección en recoger los árboles madres suele ser alta, pero el número de clones incluidos en el huerto tendrá que ser suficientemente grande como para dar "seguridad" genética (o sea, contiene, decimos, un número mínimo de 25 clones). En la población productora de semillas es conveniente el máximo de exogamia aunque es permisible que los genitores individuales tengan un coeficiente de consanguinidad relativamente alto. La población reproductora que contiene también los genotipos productores de semilla, representa un compromiso entre (i) una población seleccionada usando el diferencial de selección máximo y, (ii) una población que contiene toda la variación genética disponible. Sin embargo, es posible escoger individuos superiores por determinadas características en esta población. El acervo de genes de los árboles, aunque destinado a la conservación de genes, no puede excluirse de todos los procesos selectivos naturales. Parece razonable una selección silvícola leve, mientras la conservación en varios ambientes contrastantes contribuye a mantener la diversidad genética (Burdon, Shelbourne y Wilcox, 1978).

Asuntos relacionados con la elección de los métodos de mejora genética

Las ganancias que probablemente pueden lograrse mediante la mejora genética forestal pueden ser muy grandes y son duraderas. Si las poblaciones reproductoras se mantienen variables y relativamente grandes (nunca menos de 50 individuos no emparentados) puede progresarse constantemente por muchas generaciones a través del proceso de selección.

El conocimiento de los principios biológicos y de las orientaciones técnicas siguientes puede facilitar la toma de decisiones cuando se realizan programas de mejora genética:

- i) La mayoría de los individuos de la mayoría de las especies forestales que se usan en la reforestación sufren una depresión del crecimiento por endogamia. Por tal motivo, es indispensable mantener una base genética amplia, en la población base y en la reproductora, para lograr el apareamiento de individuos no emparentados.
- ii) Con poblaciones base pequeñas, por ejemplo, sólo 1 000 individuos, es necesario sacrificar una proporción de la ganancia; para conseguir una población sucesiva suficientemente grande hay que incluir una gran proporción de los árboles de la población original en la población seleccionada, conformándose así con una intensidad de selección y un diferencial de selección relativamente bajos.
- iii) Algunos individuos pueden tener una aptitud de combinación específica (ACE) muy alta; ésta sólo puede utilizarse mediante cruces dirigidos. Por eso conviene incluir cruces dirigidos a escala experimental en una de las primeras etapas del programa. La elección de los diseños de apareamiento apropiados es de importancia fundamental para este aspecto de la estrategia (véase la ponencia que trata sobre este tema).
- iv) El establecimiento de ensayos cubriendo todo el rango de sitios potenciales de plantación es necesario para poder estimar los efectos de las interacciones familia-ambiente.
- v) Conviene que los experimentos de familias contengan por lo general un gran número de individuos, del orden de los 100 hermanos y hermanas por familia. Conviene que el número de árboles por parcela sea pequeño y el de réplicas grande.
- vi) Es necesario conocer bien las características biológicas de la especie, para poder aprovecharlas en el programa de mejora, por ejemplo, recurriendo a la propagación clonal, a la polinización en masa, a la hibridación, etc.
- vii) Cuando en un programa de mejora genética hay un número insuficiente de clones convenientes, puede mejorarse la situación seleccionando en el lugar o importando más material, para inyectar "sangre nueva" a la población reproductora.

Los métodos de mejora genética y su aplicación

Hay dos estrategias principales fundamentales: la de la progenie por reproducción sexual y la de la progenie por reproducción vegetativa.

Selección con regeneración por semilla

a) Selección fenotípica, simple o recurrente. Ejemplo: selección de árboles fenotípicamente superiores, recolección de semilla obtenida por polinización libre y mezclar la semilla. La semilla de los árboles seleccionados originales se cosecha continuamente (selección en masa simple), o se realiza la selección y la recolección de semilla ocasionalmente dentro de su progenie (selección en masa recurrente). Este método es barato y puede ser muy eficaz cuando la diferencial de selección es grande y la selección fenotípica es relativamente exacta (gran heredabilidad y efectos ambientales minimizados dentro de la población de selección). Ha dado buenos resultados en muchos países y con muchas especies.

b) Selección fenotípica y ensayos de progenie, con o sin control de la polinización.

c) Selección con pleno control de la polinización y sin ensayos de progenie. Ejemplo: Huertos semilleros clonales, y de plantas obtenidas por polinización dirigida.

d) Como arriba, pero con ensayos de progenie periódicos y depuración recurrente, seguida de selección. Ejemplo: Huertos semilleros clonales y de plantitas obtenidas por polinización dirigida (a) con eliminación de clones o familias e individuos inferiores, o (b) utilizando los resultados de los ensayos para seleccionar material para nuevos huertos. Obsérvese que la eliminación de clones inferiores en los huertos semilleros clonales puede dar lugar a una ganancia limitada si no contienen un número relativamente grande de clones (50+) y si no se han plantado con un espaciamiento relativamente pequeño.

En algunos casos, cuando se ha observado una aptitud de combinación específica grande pueden plantarse huertos bi-clonales para la producción de semillas.

e) Hibridación de especies o procedencias. Ejemplo: Especies de alerce híbridas en Europa y Japón; P. elliotii x P. caribaea var. caribaea en Queensland (Australia). Este método es interesante en algunas circunstancias especiales (Brown, 1972).

Selección con reproducción clonal

a) Sin ensayos. Ejemplo: Algunas plantaciones de álamos y sauces; P. radiata en Nueva Zelanda, en forma limitada.

b) Con ensayos clonales. Ejemplo: Plantaciones de álamos y sauces; Cryptomeria en Japón; los propuestos para P. radiata en el futuro en Nueva Zelanda y para Eucalyptus híbridos en el Congo. Se obtiene una ganancia elevada, pero es un procedimiento "sin salida", a no ser que se incluya un programa de cruces controlados para producir periódicamente nuevas combinaciones para nuevas poblaciones de selección.

UN PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DINAMICO

Necesidades actuales de semilla

Las posibles fuentes de semilla mejorada para uso inmediato son las siguientes:

- i) La selección fenotípica y la recolección de semilla en plantaciones locales de buena procedencia generalmente produce poblaciones bien adaptadas y da una mejora genética modesta. La ganancia genética se limita debido a la índole no seleccionada de los genitores que producen el polen.
- ii) Recolección de semillas de áreas de producción de semillas o rodales semilleros raleados.
- iii) Semilla importada. Semilla de procedencias idóneas en rodales naturales o excedentes de semilla de un programa de mejora genética externo que use una procedencia idónea plantada en condiciones semejantes. Sólo conviene usar semilla mejorada importada para enriquecer un acervo genético seleccionado localmente (véase párrafo abajo). No debe sustituir nunca las selecciones locales.

Mejora progresiva de la semilla mediante huertos sucesivos y bancos de clones

Los métodos arriba mencionados, de obtenerse semilla algo mejorada para satisfacer necesidades inmediatas, conviene emplearlos a la brevedad posible en el programa, pero con éstas se obtienen ganancias relativamente pequeñas. En los huertos semilleros clásicos se logran mayores ganancias, pero el plazo es más largo.

Huertos de producción

Una solución de transacción y una estrategia útil para ganar tiempo consiste en plantar anualmente huertos semilleros clonales (o derivados de plantitas de semilla) empleando el mejor material disponible cada año.

Población reproductora en bancos de clones

Como se explicó anteriormente, la población de producción de semilla se reduce continuamente a un núcleo superior (nunca menos de 15-25 clones por huerto de producción aproximadamente); la eliminación se basa en los ensayos de progenie. Paralelamente con estos huertos es indispensable formar para las generaciones sucesivas de selección nuevas poblaciones de selección genéticamente muy variables, y genéticamente conocidas.

Para esto se requiere aparear un gran número de árboles no emparentados. Se puede lograr mediante la reproducción vegetativa de árboles seleccionados y haciendo los cruces en un banco de clones plantado con tal fin. En esta forma se pueden obtener y seleccionar continuamente (i) poblaciones reproductoras con gran variabilidad genética, y (ii) poblaciones de producción de semilla con bases genéticas relativamente estrechas. Puede ser preciso tomar medidas especiales para mantener la diversidad en las poblaciones reproductoras y de selección, tales como la importación del material nuevo mencionado antes o la producción de "cruces amplios" (por ejemplo, entre individuos de diferentes procedencias) (Zobel y McElwee, 1964; Zobel et al, 1972). Si se toman las debidas precauciones para mantener un número "suficiente" (> 50) de individuos no emparentados en la población reproductora se puede prever la posibilidad de avanzar constantemente por muchas generaciones, sin necesidad de agregar nuevas plantas relativamente poco seleccionadas simplemente para establecer la variabilidad genética perdida.

Conservación de recursos genéticos

El mejorador de árboles debe preocuparse de conservar la diversidad observada en las poblaciones naturales tanto para la investigación como para obtener en el futuro combinaciones de genes que actualmente no se precisan (Kemp et al. 1972; Nikles, 1973b; Yeatman, 1973, Zobel, 1973). La ponencia sobre la conservación trata de las estrategias respectivas.

Demostración de los resultados

Libby (1973) presenta la idea de establecer "demostraciones políticas" como una forma útil de plantación. Hay plantaciones situadas convenientemente cuyo diseño es simple y tienen por objeto demostrar los resultados del programa en la forma menos ambigua posible. Puede convenir incluir adrede material de mala calidad, por ejemplo, procedencias no satisfactorias y lotes de semilla corriente así como material mejorado.

ORGANIZACION DEL PERSONAL, INSTALACIONES Y ADMINISTRACION

Personal e instalaciones

Es indispensable nombrar un mejorador de árboles, profesional capacitado, competente e interesado, para que se encargue de planificar y realizar el programa de mejora genética consultando a los encargados principales del manejo y la utilización. Para un programa de gran envergadura conviene que el mejorador de árboles cuente con los servicios de técnicos capacitados y trabajadores especializados.

En la oficina principal o cerca de la misma conviene disponer de buenos servicios biométricos y de bibliotecas. Puede ser necesario tomar medidas especiales para elaborar técnicas eficaces y programas de computadora que faciliten la recolección, el proceso y el análisis de los datos. Conviene que el mejorador de árboles y los biometristas se mantengan informados sobre las novedades relativas al apareamiento y al diseño de campo y se ocupen de su aplicación a los problemas locales. Conviene ofrecer al mejorador de árboles la oportunidad de participar en reuniones científicas, cursillos y cursos de capacitación regionales, nacionales e internacionales, de tiempo en tiempo. Conviene estimular al grupo local o al personal de la

oficina principal para que celebre ocasionalmente seminarios y debates destinados a examinar los resultados y los problemas de sus programas, contribuyendo cada uno al logro de los fines globales del manejo.

Es utilísima la colaboración con mejoradores de árboles en otros países u otras regiones que se ocupen de la misma especie en condiciones semejantes; se pueden organizar visitas periódicas recíprocas entre mejoradores de diversos programas.

Todas estas cosas contribuyen al logro de un examen constante de la orientación y los objetivos del trabajo y a dar vitalidad y motivación al personal.

Revisión de los planes y publicación de los resultados

Conviene revisar periódicamente el plan de mejora genética forestal al re-examinar exhaustivamente los objetivos y los métodos. Conviene presentar memorias y programas de trabajo anuales para las consultas con los funcionarios administrativos y para someterlas al examen de colegas expertos bien dispuestos.

Conviene considerar la publicación de los resultados como una obligación para los colegas y como un medio para informar a los patrocinadores y administradores sobre los resultados (positivos o negativos) y las dificultades y como un ejercicio intelectual para el personal de mejora genética forestal.

RESUMEN

La planificación de un programa de mejora genética forestal eficaz, adaptado a las necesidades del manejo y la utilización de los bosques y a los recursos disponibles, abarca las siguientes actividades y decisiones principales:

- i) Definir de manera apropiada los objetivos del programa, especialmente en cuanto a su duración, el grado de mejora deseado y las características que mejor pueden manejarse por vía genética.
- ii) Determinar los recursos a disposición, por lo menos para algunos años. Nombrar y estimular a un mejorador de árboles interesado para que ayude a planificar y ejecutar el programa con la ayuda de buenos colaboradores.
- iii) Localizar poblaciones idóneas, en cuanto a procedencias, tamaño, edad, estación, etc., para la selección.
- iv) Reunir información de interés sobre la biología de la especie y decidir las áreas en las que es preciso seguir investigando. Confirmar y elaborar técnicas apropiadas de injerto, polinización, producción de plantitas, etc.
- v) Escoger criterios de selección apropiados y limitar su número.

- vi) Iniciar el proceso de obtención rápida de semilla algo mejorada.
- vii) Elaborar una estrategia de selección eficaz y flexible que permita establecer en la población reproductora un número de árboles suficientemente grande, tomando en cuenta el programa planificado y el número de generaciones en las cuales son previstos programas de mejoramiento genético.
- viii) Elaborar estrategias de mejora genética a largo plazo, dinámicas y flexibles, teniendo en consideración los objetivos, los recursos, los plazos, la semilla necesaria, las características de la especie y los asuntos relacionados con la conservación y la utilización. Conviene estudiar atentamente las posibilidades de colaboración con otras instituciones, regiones y países interesados en la misma especie.
- ix) Tomar medidas administrativas eficaces y efectuar exámenes periódicos del programa y sus modificaciones según convenga.

BIBLIOGRAFIA

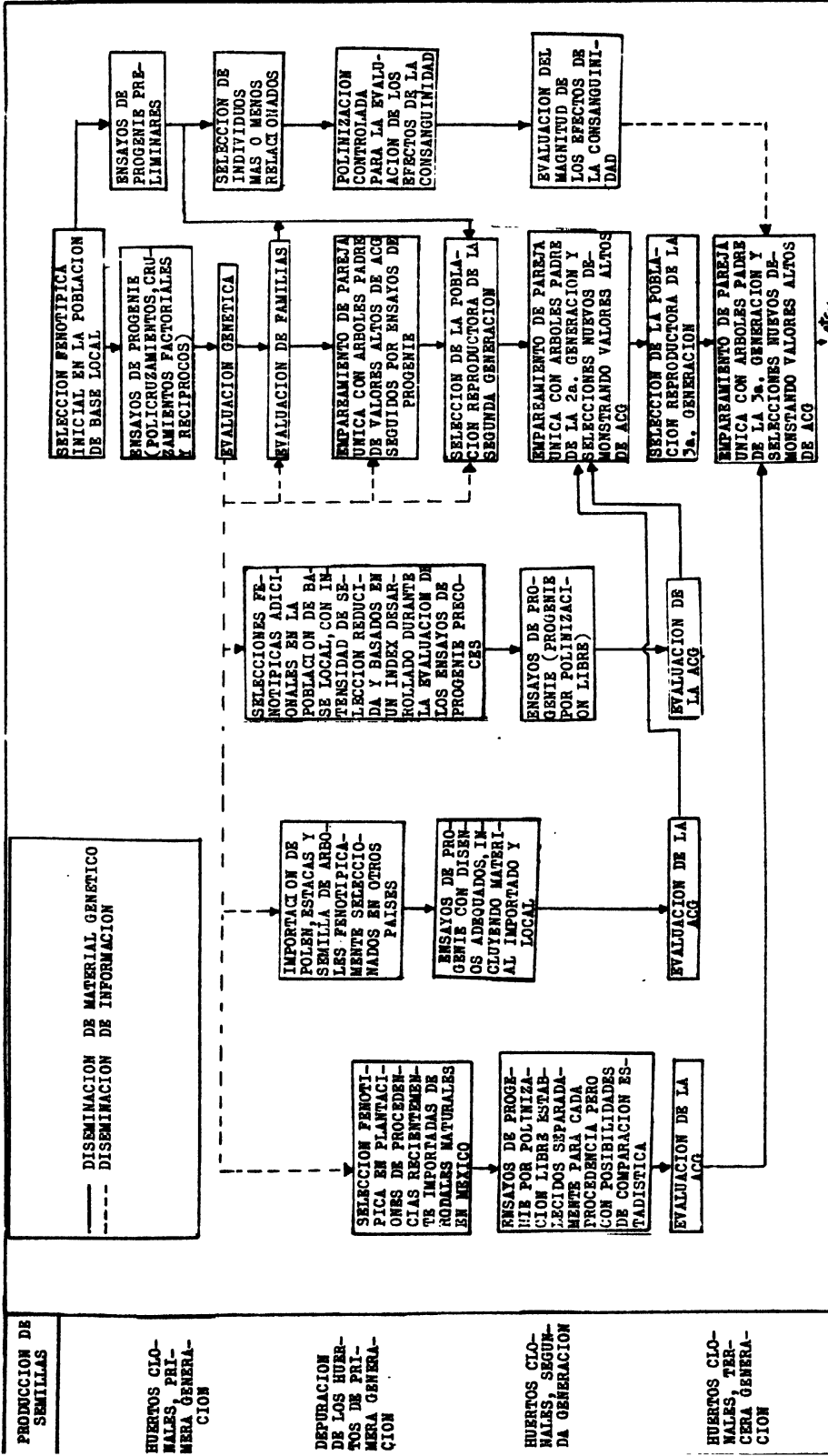
- Allard, R.W. Principles of Plant Breeding. (Wiley, N.Y.). (1960)
- * Anón. Documentos de la Tercera Consulta Mundial Sobre Mejora de Árboles Forestales. CSIRO. Canberra, Australia. (1978)
- Brown, A.G. Notes on IUFRO Quantitative Genetics Workshop - Tokyo, 1972. Proc. Third Meeting Reprs., Rec. Working Group No. 1, Mt. Gambier, 1972. App. 17: 1-6. Forestry and Timber Bureau, Canberra, Australia. (1973)
- Burdon, R.D., and Shelbourne, C.J.A. Breeding Populations for Recurrent Selection - Dilemmas and Possible Solutions. N.Z. J. For. Sci. 1 (2): 174-193. (1971)
- * Burdon, R.D., and Shelbourne, C.J.A., and Wilcox, M.D. Advance Selection Strategies. Proc 3rd World Consult. For. Tree Breeding. FO: FTB-77-6/2. Canberra, Australia. (1978)
- * Burley, J., and Nikles, D.G. (Eds.) Selection and Breeding to Improve Some Tropical Conifers. I, II. Commonw. For. Inst. Oxford, U.K. (1972/73)
- Burley, J., and Nikles, D.G. (Eds.) Tropical Provenance and Progeny Research and International Cooperation. Commonw. For. Inst. Oxford, U.K. (1973)
- Burrows, P.M. Seed Orchard Systems for Tree Breeding. Rhod. Zamb. Mal. J. Agric. Res. 5: 273-280. (1967)
- Burrows, P.M. Coancestry control in forest tree breeding plans. 2nd meeting of Working Group on Quant. Gen. Eds. Namkoong and Stern. South. For. Exp. Sta. New Orleans. (1970)
- Cosco, J.N. Genetic Selection Criteria in Pinus radiata. M.Sc. Thesis. 122 pp. Aust. Nat. Univ., Canberra, Australia. (1970)

- Dorman, K.W. (1976) The Genetics and Breeding of Southern Pines. USDA FS Handbook 471.
- Eldridge, K.G., Brown, A.G., and Matheson, A.C. (1977) Genetic gain from a Pinus radiata wood orchard.
- * FAO (1973) Información sobre Recursos Genéticos Forestales. Doc. Occasional For. 1973/1. 38 pp. (FAO Rom).
- * Faulkner, R. (1975) Seed orchards. Gt. Br. For. Comm. Bull. 54
- * Kemp, R.H., Burley, J., Keiding, H., and Nikles, D.G. (1972) International cooperation in the exploration, conservation and development of tropical and sub-tropical forest gene resources. Seventh World Forestry Congress. Argentina. 1972.
- Libby, W.J. (1969) Seedlings vs. vegetative orchards. FAO - North Carolina State Univ. Forest Tree Improvement Centre, 1969. Lecture Notes: 306-16. School of Forest Resources, N.C. State Univ., Raleigh.
- * Libby, W.J. (1973) Domestication strategies for forest trees. Can. J. For. Res. 3, 265-76.
- * Namkoong, G. (1972) Foundations of Quantitative Forest Genetics. 85 pp. The Govt. For. Expt. Station of Japan.
- Namkoong, G. (1966) , Snyder, E.B., and Stonecypher, R.W. Heritability and Gain Concepts for Evaluation Breeding Systems such as Seedling Orchards. Silvae Genetica 15(3): 76-84.
- Nikles, D.G. (1970) Breeding for Growth and Yield. In: Forest Tree Breeding. Unasylva 24 (2-3), 97-98: 9-22.
- Nikles, D.G. (1973-a) A Proposed Breeding Plan for Improvement of Caribben Pine (Pinus caribaea Morelet var. hondurensis Barr. and Golf.) Based on International Cooperation. In: Burley, J., and Nikles, D.G. (Eds.), 1973 - Selection and Breeding to Improve Some Tropical Conifers. 2. (Commonw. For. Instit., Oxford, England).
- * Nikles, D.G. (1973-b) Biology and Genetic Improvement of Araucaria cunninghamii Alt. in Queensland, Australia. In: Burley, J., and Nikles, D.G. (Eds.), 1973 - Selection and Breeding to Improve Some Tropical Conifers. 2. (Commonw. For. Instit., Oxford, England)
- * Nikles, D.G. (1974) Planning a tree improvement program. Report on the FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement. FAO/DEN/TF 112. (FAO, Rome) 225-42.
- * Nikles, D.G., Burley, J., and Barnes, R.D. (1978) Progress and Problems of Genetic Improvement of Tropical Forest Trees. I, II. Commonw. For. Inst., Oxford, U.K.
- * Porterfield, R.L. (1978) Economic Evaluation of Tree Improvement Programmes. Proc. 3rd. World Consult. For. Tree Breeding. FO: FTB-77-5/2. Canberra, Australia.

- * Reilly, J.J., and Nikles, D.G. Benefits and Costs of Tree Improvement: Pinus caribaea. Proc. 3rd. World Consult. For. Tree Breeding. FO: FTB-77-5/3. Canberra, Australia
(1978)
- Roche, L. (Ed.) Metodología de la Conservación de los Recursos Genéticos Forestales. FO: MISC/7518. FAO. Rome.
(1978)
- Shelbourne, C.J.A. Tree Breeding Methods. Tech. Paper No. 55. 43 pp. New Zealand For. Serv., For. Res. Instit., Rotarua.
(1969)
- * Shelbourne, C.J.A. Planning Breeding Programme for Tropical Conifers. N.S. For. Serv. Reprint No. 548. 20 pp. For. Res. Instit., Rotarua.
(1971)
- Stonecypher, R.W. The Loblolly Pine Heritability Study. Internat. Paper Co. Tech. Bull. 5:1-128.
(1966)
- Stonecypher, R.W. Multiple trait breeding. Unasyuva 24 (2/3), 48-51.
(1970)
- * Teich, A.H., and Carlisle, A. Análisis de Costos y Beneficios en Programas de Mejora Genética Forestal. Unasyuva Vol. 30, No. 118/119.
(1978)
- * van Buijtenen, J.P. The planning and strategy of seed orchard programs, including economics. In: Faulkner, R. Seed Orchards Gt. Br. For. Comm. Bull. 54.
(1975)
- van der Meiden, H.A. Economics of Poplar Breeding. 3rd. World Consult. For. Tree Breeding. FO: FTB-77-5/4. Canberra, Australia.
(1978)
- Willan, R.L., and Palmberg, C. Improved use of forest genetic resources. Report on the FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement. FAO/DEN/TF 112 (FAO, Rome). 90-101.
(1974)
- Wright, J.W. Introduction to Forest Genetics. (Academic Press, N.Y.).
(1976)
- * Yeatman, C.W. Gene Conservation in Relation to Forestry Practice. Thirteenth Meeting of the Committee on Forest Tree Breeding in Canada. Proc. 2: 13-17. Canadian For. Serv., Ottawa.
(1973)
- * Zobel, B.J. Gene Preservation by Means of a Tree Improvement Programme. Thirteenth Meeting of the Committee on Forest Tree Breeding in Canada, 1971. Proc. 2: 13-17. Canadian For. Serv., Ottawa.
(1973)
- Zobel, B.J., and McElwee, R.L. Seed Orchards for the Production of Genetically Improved Seed. Silvae Genetica 13 (1-2): 4-11.
(1964)
- Zobel, B.J., Weir, R.J., and Jett, J.B. Breeding Methods to Produce Progeny for Advanced-generation Selection and to Evaluate Parent Trees. Can. J. For. Res. 2: 339-345.
(1972)

ANEXO 1.

ESTRATEGIA PLANEADA PARA LA MEJORA GENETICA DE PINUS PATULA - Presentación esquemática 7



7 Traducción de Figura 1 en: Barnes, R.D. (1978). The National Programme for Genetic Improvement of *Pinus patula* in Rhodesia. En: Progress and Problems of Genetic Improvement of Tropical Forest Trees (Editores: Nikles, D.G., Burley, J. y Barnes, R.D.); Vol. II. CFI, Oxford.