



Análisis de costos y beneficios en los programas de mejora genética forestal

A. Carlisle y A.H. Teich

A. CARLISLE, Director de Programas, Estación Experimental Forestal de Petawawa, Chalk River, Ontario. Canadá. A.H. TEICH, científico investigador, Estación de Investigación de Harrow, Ontario, Canadá.

En los últimos tiempos, tanto los científicos como los administradores de recursos naturales se han visto ante la situación paradójica de que, a pesar de que la sociedad se da cuenta de que el conocimiento y los productos de los recursos naturales son la sangre vital de la civilización, los gobiernos se muestran cada vez más reacios a hacer grandes inversiones en investigación o manejo de recursos naturales; especialmente cuando dichas inversiones producen utilidades sólo a largo plazo. Independientemente de sus causas, es preciso afrontar esta situación que, sumada a la inflación ha dado origen a una enconada competencia por los fondos presupuestados para investigación y desarrollo, cada vez más escasos en todos los sectores. A su vez, esto ha hecho aumentar la exigencia de justificación de los programas, a tal punto que a veces se necesita más tiempo para justificar una investigación que para realizarla. En este contexto de recursos limitados, es de vital importancia proyectar los programas de modo que se logre un máximo de eficiencia. Si es posible hacerlos rediticios a corto plazo, tanto mejor.

Los programas de mejora genética forestal son una parte importante de este cuadro. Ya no se pueden realizar confiando en que la mejora genética forestal, por ser una cosa justa, probablemente dará frutos a la larga. Hay que hacer una demostración cuantitativa, con ejemplos prácticos o con pronósticos serios. En su mayoría, los programas de mejora genética forestal tienen la desventaja de exigir largo plazo y de ser caros; por eso no suelen tener buena acogida si no se demuestra que son muchas las probabilidades de que los beneficios serán sustancialmente superiores a los costos. Como Porterfield hace notar (1977) y dado que la mejora genética forestal es una operación a tan largo plazo y tan costosa, la evaluación económica del trabajo tiene una importancia vital.

El presente informe tiene por objeto tratar, en general, el aporte que el análisis económico puede hacer a los programas de mejora genética forestal. Otros trabajos presentados en esta reunión por Reilly y Nikles (1977), Porterfield (1977) y van der Meiden (1977) estudian cada tema más a fondo.

El análisis económico se ha empleado en programas de mejora genética forestal con cuatro fines:

- Justificación de programas - ¿Es rediticia la mejora genética forestal?
- Optimización de programas - ¿Cuál es la mejor estrategia de mejora genética forestal en una situación particular?
- Selección de alternativas de manejo - ¿Conviene invertir en mejora genética forestal, o en silvicultura, o en mejora de los procesos industriales, o en estas tres cosas?
- Identificación de las principales fuentes de gastos en programas de investigación y desarrollo - ¿Adónde va todo el dinero?

La dificultad de todos estos análisis reside en que todos se hacen en términos monetarios y se excluyen muchos beneficios no cuantificables (por ejemplo: protección de siembras, uniformidad de los productos, estética, etc.), que suelen ser tan importantes como el valor monetario de la cosecha o año más.

Por otra parte, los gastos suelen poder calcularse exactamente de manera que, al final, se hace una comparación entre el mínimo de beneficios y los gastos efectivos. Por suerte, la mayoría de los análisis realizados hasta la fecha indican fehacientemente que la mejora genética forestal es rediticia, a pesar de este inconveniente, de manera que no plantea ningún problema real para justificar los programas. No obstante, este desequilibrio es una fuente potencial de error en la optimización de programas y en la selección de alternativas

de manejo, particularmente en esta última, ya que los beneficios de algunas alternativas son más fáciles de cuantificar que los de otras.

Justificación de programas. La investigación y el desarrollo en mejora genética forestal sólo pueden justificarse si contribuyen de manera apreciable al feliz resultado de programas operativos de plantación y de producción de semillas, o a la mejora genética de árboles empleados en áreas urbanas con fines de recreo. En un país cuyos productos forestales se basan exclusivamente en sus bosques naturales y en la regeneración natural, no se justificaría un programa de mejora genética forestal. En cambio, un programa semejante es de vital importancia para un país que tiene que basarse exclusivamente en sus programas de plantación y producción de semillas para mantener y aumentar su producción de madera. La mejora genética forestal, desde hace mucho, ha adquirido importancia en Europa occidental, porque sus bosques naturales han disminuido considerablemente. No obstante, incluso en una situación en la que los programas de plantación y producción de semilla crean una demanda potencial de semilla genética forestal, la mejora genética forestal, que tiene por objeto asegurar y aumentar una producción idónea, es sólo una de varias alternativas de manejo, por lo que hay que demostrar su rentabilidad.

La mayoría de los informes publicados sobre la economía de la mejora genética forestal tratan de demostrar que los programas respectivos son rediticios. La mayor parte de los autores aplican el método de la actualización de las utilidades comparando la rentabilidad prevista de las empresas con los valores actualizados de las utilidades futuras. Por ejemplo, si a determinada tasa de interés hay que esperar 10 años para obtener una utilidad, su valor real puede ser sólo igual a la mitad. El cálculo se hace a interés compuesto. Además, en la mayoría de los informes se supone que es necesario sumar a los gastos de mejora genética y de plantación los intereses respectivos, aplicando el criterio de que es perfectamente posible invertir el dinero en obligaciones en vez de en mejora genética. Este criterio ha encontrado algo de resistencia entre los forestales, quienes consideran que, en esta forma, los costos a largo plazo experimentan mucha inflación, y ha dado origen a una controversia, una falsa alarma que ha distraído la atención del hecho principal de que, incluso añadiendo esta ponderación a los gastos, la mejora genética forestal probablemente sigue siendo rentable si en las operaciones forestales se aplican, en último término, los resultados de la investigación y el desarrollo.

En el presente informe no se pretende hacer una reseña exhaustiva de las publicaciones que tratan de la rentabilidad de la mejora genética forestal, porque esta labor la han realizado ya otros autores, tales como Carlisle y Teich (1971, 1975) y Dutrov (1974). Resumiendo, a pesar de que el potencial de crecimiento rápido de un árbol lo controlan varios genes y es difícil seleccionarlos y reproducirlos, en la mayoría de las especies forestales se puede prever por lo menos un 10% de aumento del crecimiento y, en algunos casos, 15 a 25% (por ej., Yeatman, 1974; Holst, 1971; Teich, 1973; Nikles, 1969). Los árboles se pueden seleccionar por su rusticidad y, en algunos casos, por su resistencia a insectos o a enfermedades, tales como *Cronartium fusiforme* o *Scleroderris lagerbergii* (Porterfield, 1974; Teich y Smerlis, 1969). La forma y las propiedades de la madera del árbol también pueden seleccionarse y reproducirse.

Todo esto puede hacer aumentar el valor y la seguridad de la plantación y la eficiencia del maderero y de la elaboración de productos forestales. En las publicaciones hay pruebas fehacientes de que estos beneficios son considerablemente superiores a los gastos monetarios. Davis (1967) observó que los pinos del sudeste de los Estados Unidos, con aumentos de producción de sólo 2,5 a 4%, cubren en exceso los gastos en semilla genética. Hay otras publicaciones que confirman lo dicho (Perry y Wang, 1968; Bergman, 1968). Se prevén aumentos de las utilidades mucho mayores gracias a los programas de mejora genética forestal. Se han calculado varias tasas de rentabilidad de las inversiones hechas en programas de mejora genética forestal, a saber: de 13,2% para mejoras de álamos en los Países Bajos y de 12 a 20% en algunos programas de pinos del sur de los Estados Unidos (Anón., 1975; Swofford, 1968; Porterfield, 1977) y otras más modestas de 4,0 a 6,8% en *Pinus resinosa* y *P. banksiana* en los Estados Unidos (Lundgren y King, 1965) y de 6,7% en *Picea glauca* en Canadá (Carlisle y Teich, 1971). Davis (1969) demostró que incluso un pequeño aumento (5%) de la calidad de la madera obtenido gracias a la selección haría aumentar las utilidades de las plantas elaboradoras en 15 a 41%, acrecentando la cantidad de producto por unidad de madera elaborada y reduciendo el tiempo de elaboración industrial.

[ESTAQUILLAS DE ÁLAMOS DE UN AÑO EN IRAK - hace rediticia la genética de árboles forestales](#)

El informe de van der Meiden (1977) describe la espectacular rentabilidad de la investigación sobre la cría del álamo (*Populus*) en los Países Bajos; el programa tuvo como resultado un aumento de la producción de madera de álamo de 45% y un incremento de más de 50% en dinero efectivo. Asimismo, Reilly y Nikles (1977) demostraron claramente la rentabilidad de la mejora de *Pinus caribaea* en Australia.

Ninguno de los estudios realizados hasta la fecha indica que la mejora genética forestal

no es rentable; por lo general, el problema reside en determinar qué estrategia de mejora genética forestal es más rentable. Además, cabe insistir en que el cuadro sigue siendo favorable, incluso si los beneficios considerados en los cálculos son los mínimos y se excluyen los no cuantificables, tales como la mayor seguridad de la plantación.

Optimización de los programas de mejora genética forestal. En los últimos años, la investigación sobre la economía de los programas de mejora genética forestal, en vez de incidir en la justificación de los programas, está incidiendo en su optimización. Los precursores en la materia han sido Van Buijtenen y Saitta (1972) y Porterfield (1974, 1975), todos relacionados con el programa de pinos del sur de Estados Unidos. Se valieron de la programación lineal para «optimizar la distribución de los limitados recursos» presupuestados para mejora genética (Van Buijtenen y Saitta, 1972). Los modelos se basan en la hipótesis de que hay una relación lineal entre las variables, no hay interacciones entre dichas variables y los coeficientes son constantes. Van Buijtenen y Saitta (1972) emplearon un modelo de este tipo para examinar las consecuencias del raleo en los huertos semilleros y descubrieron que, en ese caso (pinos del sur), se podía ralear con provecho hasta un máximo de alrededor del 50%. Observaron que el empleo de un modelo de programación lineal obliga al investigador a pensar sistemáticamente. En fecha más reciente Porterfield (1974) aplicó un análisis de caracteres múltiples al programa de *Pinus taeda* del sur de los Estados Unidos. Se sabe muchísimo sobre la genética de esta especie y sobre la economía de los programas operativos. Los técnicos forestales especificaron un conjunto de objetivos de la mejora genética forestal y se empleó el modelo matemático para encontrar la mejor combinación de caracteres de los árboles a seleccionar y la intensidad de selección óptima de cada carácter. Los caracteres empleados fueron el volumen del tronco, la rectitud del tronco, la forma y el tamaño de la copa, el peso específico de la madera y la resistencia a la roya (*Cronartium fusiforme*). Los encargados del manejo de los bosques colocaron estos caracteres en orden de importancia y decidieron cuál era el porcentaje mínimo conveniente de mejora. Porterfield utilizó su modelo para optimizar combinaciones de caracteres de los árboles e intensidades de selección de manera que la mejora genética se aproximara a las metas del programa. También calculó el rendimiento económico del programa; con ensayos de descendencia y raleo, las tasas internas de rendimiento fluctuaron entre 10 y 14%, y sin ensayos de descendencia, entre 8 y 13%. Se estimó de manera conservadora que era posible obtener aumentos de volumen del 20% o más, variando la intensidad del raleo y los gastos de selección en bosques silvestres. Reilly y Nikles (1977) refieren que, en un huerto semillero de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Australia, se obtuvo una tasa interna de rendimiento de por lo menos 14%, sin raleo, y un 5% adicional efectuando un raleo eficaz.

Porterfield (1977) hace notar que un componente principal de los programas de mejora genética forestal en curso debería ser el examen de los efectos de los parámetros sobre las utilidades, y asimismo la consideración de la posible conveniencia de efectuar selección para cada carácter y de la contribución de prácticas tales como el raleo.

Las técnicas de optimización de programas tienen gran valor para la planificación y la asignación de fondos a programas de mejora genética forestal, pero, para utilizarlos eficientemente, se necesita muchísima información básica, genética y económica, información que, por desgracia, es deficiente en algunos programas de mejora genética forestal.

Para optimizar los beneficios de los programas de investigación y desarrollo en mejora genética forestal, es necesario que los árboles sean capaces de responder a la selección y que los resultados de los programas se utilicen de manera extensiva. Un pequeño aumento del crecimiento o de la rusticidad tiene mucho más valor cuando la especie respectiva se planta o siembra en grandes extensiones, que un gran aumento cuando la especie se planta en una gama limitada de sitios. Antes de poder considerar la optimización de un programa de mejora genética de una especie forestal en particular, tenemos que cerciorarnos que se trata de la especie indicada y no de otra. Por eso, para la planificación de programas de mejora genética forestal es necesario conocer la variabilidad de la especie y hacer una previsión exacta de su grado de utilidad operativa en el futuro, información que no es siempre fácil de obtener.

Alternativas de manejo. La programación lineal tiene una aplicación más amplia que la del examen de estrategias alternativas de mejora genética forestal para optimizar programas. También puede usarse para evaluar los efectos de la selección genética y de la silvicultura sobre la calidad de la madera y del cartón de capa o cara, en comparación con los efectos del control tecnológico de la calidad del cartón de capa o cara durante su elaboración. Le sirve al encargado del manejo para determinar dónde le conviene invertir su dinero. Realizaron un estudio interesante T.L. Hart y A.E. Ferrie (1972), del Departamento de Investigaciones Operativas de MacMillan Bloedel Ltd., en relación con el programa de cartón de capa o cara kraft de pino del sur, cuyo objetivo era «evaluar la medida en que la calidad de la materia prima maderera puede modificarse por medios genéticos y silvícolas, en relación con la inversión necesaria y las utilidades previstas» y «comparar los resultados obtenidos por este método de modificación con el rendimiento de la inversión en tecnologías que permiten obtener productos equivalentes». Se empleó

como ejemplo una fábrica de cartón de capa o cara kraft de pino del sur, hipotética, que produce 907 tm de cartón de capa o cara de 19 kg al día, 345 días al año. La máquina de cartón de capa o cara estaba totalmente integrada con una gran fábrica de pulpa, equipada con digestores cuya eficiencia era del 90%. Empleando el modelo de programación lineal para estudiar las opciones genéticas, silvícolas y tecnológicas se resolvieron siete casos experimentales, aplicando tasas de interés de 4 a 8%. La solución óptima de las alternativas forestales (mejora genética, preparación del terreno, fertilización) incluía, sin excepción, la mejora genética de características tales como el volumen de producción, el paso específico y la resistencia a las enfermedades. En un tipo de suelo, la mejor opción consistía en una combinación de mejora genética y fertilización del bosque. El control de la calidad del cartón de capa o cara durante su elaboración industrial se acentuó más a la tasa de interés más alta (8%). El rendimiento indicado de la inversión en mejora genética fue del 17%. Se observó que, al construir el modelo e interpretar los resultados, se plantearon muchos interrogantes sugestivos. Los autores llegaron a la conclusión de que pueden construirse modelos de programación útiles para examinar las opciones de manejo de bosques y su efecto sobre la calidad y volumen de la madera y sobre sus interacciones con la elaboración industrial. Es claro que modelos como éstos tienen gran valor para la toma de decisiones.

Con todo, esto se aplica a una situación en la que ya hay un gran acervo de información genética, datos económicos y técnicas de elaboración que pueden incorporarse al modelo. Hay muchas especies y situaciones sobre las que no hay información.

Incluso sometiéndola a este tipo de prueba objetiva y rigurosa, la mejora genética se revela no sólo económica, sino como la mejor de varias opciones. En estos momentos, seguramente los genetistas pueden hacer menos esfuerzos por demostrar a los dirigentes que la mejora genética forestal es rentable y más por optimizar programas, lo que es más remunerador.

Identificación de gastos. Se pueden utilizar técnicas económicas, que van desde una contabilidad y una teneduría de libros sencillas hasta modelos matemáticos complejos, para identificar las principales fuentes de gastos. La mejora genética forestal es cara y, en el análisis económico, con mucha frecuencia se tiende a estimar los costos y los beneficios desde la etapa de huerto semillero hasta la de corta, pero se suele olvidar que, antes de la etapa de huerto semillero, suelen hacerse grandes inversiones en investigación. Pero en Canadá, un cálculo aproximado (Carlisle y Teich, 1971) indica que, en un programa de plantación de *Picea glauca*, a razón de 40 469 ha/año, un gasto de 1,5 millones de dólares en un periodo de investigación de 15 años y de 23 000 dólares anuales en producción y recolección de semillas, genera un beneficio económico potencial de alrededor de 832 000 dólares al año, en terrenos moderadamente fértiles, de modo que la mejora genética forestal sigue siendo rentable probablemente, aunque se incluyan los costos de la investigación básica. No obstante, es de vital importancia mantener los costos de investigación tan bajos como sea posible, sin perjuicio de la eficiencia. Carlisle y Teich (1975), utilizando datos inéditos recopilados por Paul Viidik, del Servicio Forestal de Canadá, enumeran las fuentes de gastos en ensayos de proveniencias y arboretos de la estación experimental de Petawawa, Canadá, en un período de 50 años. El costo total anual de los ensayos, con los jornales actuales, es de alrededor de 2 500 dólares por acre, o sea, 6 300 dólares por ha. La limpieza del terreno es con mucho la principal fuente de gastos, 805 horas/hombre por ha o, con los jornales actuales alrededor de 4 816 dólares por ha.

Los gobiernos son cada vez más reacios a hacer grandes inversiones en la investigación o la ordenación de recursos naturales cuando la inversión es rediticia a largo plazo... a veces se emplea más tiempo en justificar la investigación que en realizarla.

Es mucho más económico, evidentemente, utilizar terrenos talados para los experimentos de mejora genética forestal y los huertos semilleros después de la corta, para evitar los gastos de limpieza del terreno.

Empleando un modelo matemático, se ha demostrado que, tomando en cuenta los intereses y la inflación, los gastos acumulados de plantación son muy superiores a los de manejo hasta el momento de la corta: lo que indica que los gastos de plantación deben ser uno de los primeros rubros de reducción de los costos (Carlisle y Teich, 1971). La mejora genética forestal puede contribuir a reducir los gastos de plantación, produciendo árboles rústicos de crecimiento rápido y minimizando las fallas y la necesidad de incurrir en grandes gastos para reemplazarlas.

Un obstáculo para la estimación de los costos reales lo constituye con frecuencia la carencia de un sistema adecuado para registrar los costos. Sería de gran valor que se conservaran costos detallados de todos los aspectos de la mejora genética forestal.

En los programas de cría de árboles, la selección de los árboles progenitores puede acarrear gastos considerables. Van Buijtenen y Saitta (1972) referían que el 11% de los gastos se debían a esta fuente, y Reilly y Nikles (*ibid.*) comprobaron que, en el caso de

Pinus caribaea, en Australia, se trataba del 30% de los gastos (cuando se incluían los gastos del raleo) de un programa de selección y utilización de fenotipos superiores para clones y realización de huertos semilleros.

Es claro que las técnicas económicas pueden jugar un papel útil a la mejora genética forestal en la justificación de los programas, en la optimización de los programas, en la selección de las alternativas de manejo y en la identificación de las principales fuentes de gastos. La tendencia actual más prometedora es el mayor uso de modelos de programación lineal para optimizar la investigación y desarrollo en mejora genética forestal, aumentando así la eficiencia de los programas. Pero estas técnicas exigen un gran acervo de datos genéticos y económicos, y este tipo de información es demasiado escaso en algunos programas. La identificación de estas lagunas de los conocimientos y la obtención de la información deben gozar de alta prioridad en el futuro, para poder usar con la máxima eficiencia los escasos recursos disponibles para investigación y desarrollo.

Las referencias figuran al final de esta publicación, después del último artículo.

