

Murillo Gamboa, Olman. *Estrategias a corto plazo de producción de semilla mejorada genéticamente para la reforestación en Costa Rica. Tecnología en marcha*. Vol. 10, no. 4. p. 23-27

ESTRATEGIAS A CORTO PLAZO DE PRODUCCION DE SEMILLA MEJORADA GENETICAMENTE PARA LA REFORESTACION EN COSTA RICA

Olman Murillo Gamboa*

RESUMEN

Se desarrollan los conceptos de estrategia de producción de semilla forestal y el de programa sostenible de mejoramiento genético forestal como base necesaria para afrontar la demanda nacional de semilla para la reforestación. Se presentan las posibles estrategias por utilizar a corto plazo en las condiciones de Costa Rica. Las estrategias desarrolladas son el árbol semillero o árbol plus, el rodal semillero o rodal plus y el área semillera. Se describe en cada una de ellas sus características, modelo de predicción de la ganancia genética, ventajas y desventajas, finalmente se mencionan experiencias nacionales.

to de programas bien estructurados para ninguna de las especies de importancia en la reforestación.

Sin embargo, en el país se ha fortalecido esta área en los últimos años (Boshier y Mesén, 1987) con la ayuda de organismos internacionales, con lo que ya se puede prever el inicio de programas de mejoramiento genético para varias especies forestales de importancia regional (CATIE, 1987; CATIE, 1988; Murillo, 1988; CATIE 1989). Aún así, es necesario señalar que en los trabajos realizados no se han incluido algunos de los componentes y consideraciones que debe tener una estrategia de mejoramiento genético forestal para que sea sostenible.

Se espera así que esta contribución ayude tanto a clarificar algunos aspectos confusos en la actividad de producción de semilla forestal como a fortalecer los programas nacionales existentes.

INTRODUCCION

En Costa Rica la tasa anual de reforestación se ha triplicado en los últimos años, pasando de dos mil y tres mil hectáreas a cerca de diez mil hectáreas anuales. Tal magnitud de reforestación se ha visto seriamente limitada por la ausencia en el país de programas que abastezcan en forma sostenible, la demanda en cantidad y calidad de semilla para la creciente tasa anual de establecimiento de plantaciones. El uso de semilla de origen desconocido se ha incrementado en los últimos años, lo cual producirá a corto plazo, plantaciones de muy baja calidad que difícilmente lograrán satisfacer los objetivos de producción esperados.

El trabajo hasta hoy realizado en ámbito nacional se ha caracterizado por una dispersión de esfuerzos en varias especies, sin lograrse el establecimien-

ESTRATEGIAS DE PRODUCCION DE SEMILLA FORESTAL MEJORADA

Una estrategia de producción de semilla forestal mejorada consiste en un conjunto de acciones para asegurar el abastecimiento de la demanda de semilla en cantidad y calidad, con la mayor ganancia genética posible, al menor costo y en forma permanente.

La estrategia de producción de semilla está compuesta por una línea de desarrollo y una línea operativa (Zobel y Talbert, 1984). **La línea de desarrollo** es donde se realiza todo el trabajo de mantenimiento, evaluación y recombinación de la base genética. Su existencia se justifica únicamente en programas de mejoramiento genético a largo plazo. **La línea operativa** consiste en la unidad de producción masiva de semilla o propágulos para la reforestación. Esta línea está presente en todos los tipos de

* Profesor-investigador Depto. Ingeniería Forestal ITCR.

estrategia y representa la fase terminal de un programa de mejoramiento genético.

Las estrategias de mejoramiento genético forestal pueden ser planteadas a corto, mediano y largo plazo, dependiendo de las necesidades del sector forestal. Así también podemos enfocar la estrategia desde el punto de vista de menor a mayor intensidad (Namkoong *et al*, 1980), dependiendo principalmente de la disponibilidad de recursos y magnitud de reforestación con la especie.

Para escoger una estrategia de mejoramiento genético, debemos considerar los siguientes aspectos (Fehr, 1987; Murillo, 1988):

- a) Objetivos del programa,
- b) Magnitud de reforestación con la especie,
- c) Ganancia genética y eficiencia en el proceso de mejoramiento,
- ch) Nivel de consanguinidad promovido,
- d) Base genética de la especie disponible,
- e) Aspectos de la biología de la reproducción y sus posibles limitantes,
- f) Carácter por mejorar y tipo de control genético que presenta (aditivo o no aditivo) y, en algunos casos,
- g) Nivel ploide de la especie.

ESTRATEGIAS A CORTO PLAZO DE PRODUCCION DE SEMILLA FORESTAL MEJORADA

Se entenderá por corto plazo aquellas acciones que puedan ser ejecutadas y que produzcan semilla o propágulos mejorados en un período entre 1 y 3 años.

Arboles semilleros o árboles plus

El árbol semillero o plus es un individuo o candidato que ya ha sido evaluado fenotípicamente y ha sido encontrado superior dentro de la población, en uno o más de sus caracteres de importancia, para un programa de reforestación. Estos individuos son seleccionados con base en índices de selección y diagramas idealizados, en los que se detallan para cada carácter, los distintos niveles o calidades del mismo. En Costa Rica esta estrategia ha sido empleada por diversas organizaciones y con casi

todas las especies utilizadas en reforestación (Peralta, 1978; Romero, 1980). Una vez que el árbol plus haya sido evaluado genotípicamente y haya sido encontrado superior, entonces es cuando se utiliza el término de **árbol élite** (Zobel y Talbert, 1984).

Esta es una de las estrategias más simples y de pronta aplicación, que a su vez presenta una de las mejores ganancias genéticas de todas las disponibles, debido a que únicamente conocemos y seleccionamos a la madre y no al padre de la semilla recolectada. Además los árboles plus son seleccionados con base en su fenotipo (selección masal) y no en su genotipo. Este tipo de selección, a su vez, será altamente ineficiente si se basa en caracteres de baja heredabilidad ($h^2 < 0,3$), como podría ser el caso si se utilizara el desarrollo en diámetro de un árbol como criterio de selección, ya que éste es un carácter con bajo control genético y muy alto efecto ambiental. Esta situación será peor si los árboles plus son individuos seleccionados en el bosque natural, donde su fenotipo estará influenciado por un efecto ambiental mucho mayor. En estas circunstancias existe un alto grado de posibilidad de escoger un mal genotipo.

Un argumento a favor se refiere a la intensidad de selección (i), que en la mayoría de los casos suele ser sumamente alta con el uso de esta estrategia. Si la especie con la que se está trabajando presenta una amplia distribución natural o área de plantaciones, es posible entonces lograr una selección de árboles plus con base en criterios rigurosos y compensar parcialmente lo ineficiente del principio de la selección masal o fenotípica. A su vez, si basamos los criterios de selección en caracteres de alta heredabilidad (como por ejemplo altura total, ángulo de ramas, rectitud, peso específico de la madera, presencia de grano en espiral, entre otros), y los árboles candidatos son escogidos dentro de plantaciones artificiales y no de bosque natural, los resultados pueden ser muy satisfactorios. Aún así, persiste un problema con la recolección de la semilla, al tener que visitarse cada árbol plus donde se encuentre y en el momento oportuno de su cosecha, lo que puede encarecer enormemente un programa de producción de semilla mejorada.

La ecuación de ganancia genética que se aplica en este tipo de estrategia fue planteada por Falconer (1964, en Márquez, 1985) y Namkoong *et al.* (1966) para selección masal de árboles, y se expresa como:

fond

comi
na
gené
cuál
ser r
parte
pna
sobr
eci:

shel
drec
dac
laja
ode
es r
s c
ara
ter

lod

eni
ter
cul
sta
urc

$$\Delta G = \frac{i \cdot k \sigma^2 A}{\sqrt{\sigma^2 F}}$$

donde:

- i = intensidad de selección
 k = fracción de la varianza genética aditiva total que se transmite de acuerdo con el tipo de covarianza genética existente entre los individuos. En este caso $k = 1/2$ por tratarse de una selección masal y al utilizarse la semilla de estos individuos seleccionados (Falconer, 1964, en Márquez, 1985; Namkoong *et al.*, 1966).
 $\sigma^2 A$ = varianza genética aditiva
 $\sigma^2 F$ = varianza fenotípica

Debe señalarse que, a pesar de que comúnmente no se estima la ganancia genética de una estrategia en la que no se establecen ensayos genéticos, se considera importante describir cuál es la ecuación que podría utilizarse en caso de ser necesarias futuras comparaciones. Por otra parte, sí sería factible evidenciar la eficiencia en ganancia genética que podría tener una estrategia sobre otra en caso de requerirse una toma de decisiones.

Estimaciones realizadas con *Pinus radiata* por Shelbourne (1969), señalan ganancias obtenidas de alrededor de un 10% en un carácter de alta heredabilidad como la rectitud, y de un 2,3% en un carácter de baja heredabilidad como los es el diámetro. Como podemos ver, esta estrategia podría darnos importantes resultados a muy corto plazo, especialmente si se es cuidadoso en cuanto a basar la selección en caracteres de alta heredabilidad y en realizar una alta intensidad de selección.

Rodales semilleros o rodales plus

El rodal semillero es un rodal superior o plus, generalmente mejorado por la eliminación de árboles inferiores y luego manejado para una precoz y abundante producción de semillas (Barrett, 1980). Esta estrategia puede ser utilizada tanto en rodales naturales del bosque natural, como en plantaciones

forestales, siendo esta última la más utilizada en Costa Rica (Barquero, 1987; Quirós, 1988).

Entre los objetivos más importantes que persiguen los rodales semilleros se pueden citar:

- a- Obtener semilla mejorada genéticamente mediante un método rápido, a un bajo costo y en la cantidad demandada
- b- Facilitar la recolección de semilla al lograr la concentración de dicha labor en una sola área manejada con ese fin.
- c- Propiciar la regulación de la utilización y movimiento de semillas en los programas regionales de reforestación.

El rodal semillero debe ser superior a los demás rodales existentes en su misma unidad ecológica, índice de sitio u otro criterio de estratificación ambiental. El rodal semillero debe presentar un buen porcentaje de individuos con características deseables de acuerdo con los objetivos vigentes de producción de la reforestación. Dado que ésta es, al igual que el árbol semillero, una estrategia de selección masal, debe basarse en caracteres de alta heredabilidad como son: rectitud, forma, altura total, tolerancia a plagas y enfermedades, calidad de la madera y hábitos de ramificación.

Como aspectos esenciales está el origen del rodal. Este debe haber sido producido a partir de semillas proveniente de varios árboles y nunca utilizar aquellos rodales producidos con semilla de un solo árbol, como ocurre en Costa Rica con muchas especies forestales de semilla pequeña y abundante. Otro aspecto esencial es el aislamiento que debe tener el rodal. Debe recordarse que, de no asegurarse la eliminación de la presencia de polen de individuos indeseables, todo el esfuerzo de establecimiento de rodales semilleros será en vano.

El rodal semillero se establece en dos pasos:

- a- Selección entre rodales
- b- Selección dentro del rodal superior escogido.

Al quedar establecido el rodal se tiene que todos sus integrantes fueron seleccionados, por lo que se puede afirmar que tanto la madre como el padre han sido seleccionados (Murillo, 1989), lo cual aumenta las posibilidades de ganancia genética (Shelbourne, 1969):

$$\Delta G = \frac{2 \cdot i_1 \cdot 1/2 \cdot \sigma^2 A}{\sqrt{\sigma^2 F_1}} + \frac{2 \cdot i_2 \cdot 1/2 \cdot \sigma^2 A'}{\sqrt{\sigma^2 F_2}}$$

Selección
entre rodales

Selección dentro
del rodal,
componente
que se adiciona en
cada raleo

Con cada raleo que se efectúe, se incrementará la ganancia genética que se manifestará en la semilla producida. Robbins *et al.* (1980, en Rojas, 1988) reportan que en Finlandia se ha estimado una ganancia genética de un 6,2% en volumen, al utilizar semilla recolectada de rodales semilleros sin ningún aclareo. Con un aclareo parcial se obtuvieron ganancias del orden de 7,3%, y de rodales con un aclareo completo se han logrado ganancias hasta por un 12,8%. Shelbourne (1969) muestra ganancias genéticas desde un 9,9% hasta un 18,9% en rectitud, dependiendo de la intensidad de selección i . Lo anterior evidencia que esta estrategia de producción de semilla mejorada a corto plazo, supera a las otras estrategias de selección masal disponibles.

Áreas semilleras

Un área semillera es un área de bosque natural homogénea o casi pura para una especie y con una base genética amplia, representativa de una región, población o procedencia, de una especie forestal. Su calidad genética debe haber sido reconocida en ensayos previos de procedencias y otros que justifiquen su conversión en área semillera. El manejo se orienta hacia la preservación de esta unidad para la producción de semilla mejorada mediante la eliminación de los fenotipos indeseables.

En Costa Rica, aunque aún no se ha puesto en práctica esta estrategia, se cuenta con varias áreas semilleras potenciales por establecer. La Finca Los Lotes (Tres Ríos), el Área Recreativa Ricardo Jiménez Oreamuno (Prusia, Cartago), ambas para la especie jaúl (*Alnus acuminata*) y posiblemente algunas zonas de robledales en la Cordillera de Talamanca, son posibles ejemplos de aplicación de esta modalidad.

Dado que su manejo se basa en los principios de la selección masal o fenotípica, todos los criterios a favor y en contra expresados anteriormente con las otras dos estrategias, son aplicables. Un aspecto

positivo se refiere al hecho de contar con una amplia base genética y a la posibilidad de producir grandes cantidades de semilla mejorada en un solo lugar. Al no existir comúnmente un primer proceso de selección entre áreas semilleras para escoger la de mejor calidad, únicamente se podrá realizar la selección de individuos en un segundo nivel (dentro del área semillera). Por lo tanto, la expresión de ganancia genética para este tipo de estrategia se propone que sea de la siguiente manera:

$$\Delta G = \frac{2 \cdot i_1 \cdot 1/2 \cdot \sigma^2 A}{\sqrt{\sigma^2 F}}$$

y se le adicionará un componente más cada vez que ocurra un proceso de eliminación de fenotipos indeseables (raleo), como sigue:

$$+ \frac{2 \cdot i_2 \cdot 1/2 \cdot \sigma^2 A'}{\sqrt{\sigma^2 F_2}}$$

Se menciona en la literatura que es posible producir semilla superior a la media poblacional, con ganancias genéticas entre un 7 y 10% en adaptabilidad y resistencia a plagas y enfermedades (Niembro, 1985). El mismo autor señala que esta ganancia genética se puede obtener únicamente con la semilla recolectada en la zona central donde se producirá el material de mejor calidad. En las áreas semilleras se mantiene normalmente una faja periférica más densa alrededor de esta zona central; esta faja de protección o amortiguamiento tiene como función la de reducir la contaminación por polen indeseable procedente de los árboles vecinos, y debe tener una anchura no menor a 100 metros.

Dado que con las áreas semilleras se pretende que sean preservadas poblaciones o ecotipos de una especie de importancia forestal, su área no debe ser inferior a 9 o 10 ha (Niembro, 1985). Otro criterio de área podría basarse en el concepto de base genética propuesto por Willan (1984), donde se menciona la necesidad de contar con no menos de 500 a 1000 individuos o genotipos para asegurar la preservación de la población en forma efectiva. Si suponemos que se permitirán de 50 a 200 individuos seleccionados por hectárea, se requerirán entonces entre 5 y 20 hectáreas para constituir efectivamente un área semillera.

A pesar de que esta estrategia no representa para Costa Rica grandes posibilidades de aplicación

por el momento, se considera sin embargo que su descripción es importante para posibles futuras opciones de conservación y mejoramiento genético de especies forestales.

LITERATURA CITADA

- Barquero, M.E. 1987. *Establecimiento de rodales semilleros de *Gmelina arborea* Roxb. en Hojancha, Guanacaste*. In: Rojas, F.E. (ed.) **Primer Taller Nacional de Semillas y Viveros Forestales. Memoria** (25-29 Noviembre, 1985. San José, Costa Rica). Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica. p. 141-153.
- Barrett, W.H.G. 1980. *Selección y manejo de rodales semilleros con especial referencia a coníferas*. In: **Mejora genética de árboles forestales**. Estudio FAO: Montes no. 20. Roma, Italia: FAO. p.158-166.
- Boshier, D. y F. Mesén. 1987. **Proyecto de mejoramiento genético de árboles del CATIE. Estado de avances y principales resultados**. COSUDE-INFORAT. Turrialba, Costa Rica. Depto. de Recursos Naturales Renovables. CATIE, 18 p. Mimeo.
- CATIE. 1987. **Noticiero. Mejoramiento genético y semillas forestales para América Central**. no. 1. Mayo. Turrialba, Costa Rica. 13 p.
- CATIE. 1988. **Noticiero. Mejoramiento genético y semillas forestales para América Central**. no. 2. Febrero. Turrialba, Costa Rica. 17 p.
- CATIE. 1989. **Noticiero. Mejoramiento genético y semillas forestales para América Central**. no. 3. Marzo. Turrialba, Costa Rica. 18 p.
- Fehr, W.R. 1987. **Principles of Cultivar Development**. Volume 1. **Theory and Technique**. New York: MacMillan Publishing Company. 536 p.
- Márquez, S. F. 1985. **Genotecnia vegetal: métodos, teoría, resultados**. Tomo 1. México; AGT Editor S.A. 357 p.
- Murillo G., O. 1988. **Breeding strategy for *Alnus acuminata* ssp. *arguta* (Schlectendal) Furlow in Costa Rica**. Graduate Seminar. North Carolina State University. School of Forest Resources, Department of Forestry. Raleigh, N.C., U.S.A. 94 p. Sin publicar.
- Murillo G., O. 1989. *Estrategias de producción de semilla mejorada para la reforestación en Costa Rica*. In: **Congreso Agronómico Nacional**, 8. Julio 3-7. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago.
- Namkoong, G.; E.B. Snyder y R.W. Stonecypher. 1966. *Heritability and gain concepts for evaluating breeding systems such as seedling seed orchards*. **Silvae Genetica** 15: 76-84.
- Namkoong, G.; R.D. Barnes y J. Burley. 1980. **A Philosophy of Breeding Strategy for Tropical Forest Trees**. University of Oxford. Tropical Forestry Institute. Unit of Tropical Silviculture. Tropical Forestry Papers no. 16. Oxford, England. 67 p.
- Niembro R., A. 1985. *Preguntas y respuestas más comunes relacionadas con el establecimiento y manejo de áreas semilleras*. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. **Boletín Técnico** no. 22, Serie Técnica. Chapingo, México. 15 p.
- Peralta L., R. 1978. **Selección de árboles semilleros en el Cantón de Mora**. Informe de Práctica de Especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Depto de Ingeniería Forestal. Cartago. 43 p. Sin publicar.
- Quirós, R. 1988. **Selección de rodales semilleros de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill) en el Valle Central Costa Rica**. Tesis Lic. Universidad Nacional. Escuela de Ciencias Ambientales. Heredia, Costa Rica. 76 p.
- Rojas R., F.E. 1988. **Curso de Selvicultura 1. Versión Preliminar**. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Depto de Ingeniería Forestal. Cartago. 193 p.
- Romero A., J.C. 1980. **Estudio de la vegetación arbórea de la Cuenca del Río Sombrero, Costa Rica**. Informe de Práctica de Especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Depto. de Ingeniería Forestal. Cartago. 50 p. Sin publicar.
- Shelbourne, C.J.A. 1969. **Tree Breeding Methods**. New Zealand Forest Service. Technical Paper no 55. New Zealand. 43 p.
- Willan, R.L. 1984. **Provenance Seed Stands and Provenance Conservation Stands**. DANIDA. Forest Seed Center. Technical Note no 14. Humlebaek, Denmark. 42 p. Mimeo.
- Zobel, B. y J. Talbert. 1984. **Applied Forest Tree Improvement**. New York: John Wiley. 505 p.