

# Definición de conceptos básicos de genética forestal

Elizabeth Arnáez Serrano

## ¿Qué es variación genética?

La variabilidad genética fue ignorada y de una manera u otra se tenía la idea de que el desarrollo del árbol dependía solo del ambiente en el cual crecía (Zobel & Talbert, 1984).

Si no hubiera una suficiente variabilidad genética del tipo correcto en las características de interés económico, cualquier intento por utilizar la genética para mejorar los árboles forestales, sería infructuoso y fracasaría (Zobel & Talbert, 1984).

La variación genética se separa generalmente en componentes aditivos y no aditivos. La variación genética es causada por los efectos acumulativos de los alelos en todos los *loci* que determinan una característica. La variación genética no aditiva se divide en dos tipos. La variación por dominancia es causada por la interacción de alelos específicos en un *locus*, mientras que la variación por epistasis es causada por las interacciones entre *loci*. (Cornellius, 1993).

La variación no aditiva solo puede aprovecharse en otros programas de producción más especializados que impliquen

efectuar cruzas específicas o en los que se utilice la propagación vegetativa para la producción comercial de material de plantación. En la mayoría de los programas de mejoramiento genético forestal, los tipos no aditivos de variabilidad genética han recibido en general poca atención, debido a que es más fácil utilizar la porción aditiva de la variación genética.

Parece ser que la mayoría de las características de adaptabilidad son heredadas considerablemente en una forma aditiva. La resistencia a plagas, por ejemplo, implica tanto variación genética aditiva como no aditiva, dependiendo de la plaga y la especie de árbol. (Zobel & Talbert, 1984).

La mayoría de los programas de mejoramiento genético forestal tienen como objetivo seleccionar progenitores con altas aptitudes combinatorias generales o con altos valores de *crusa*. En estos casos, la varianza aditiva es el tipo de variación genética que se utiliza para obtener propágulos mejorados. El uso satisfactorio de la varianza no aditiva depende de la propagación vegetativa o del uso de *cruzas* específicas. (Zobel & Talbert, 1984).

Cualesquiera que sean los factores que determinan el conjunto y la frecuencia de los alelos presentes en una población específica, no es de esperar, dada la naturaleza de los procesos involucrados, que todas las poblaciones de una especie compartan los mismos alelos y/o frecuencias alélicas. Una gran cantidad de estudios confirman que existe variación genética no solamente dentro de poblaciones, sino entre poblaciones (Cornellius, 1993).

La variación entre poblaciones se manifiesta más fuertemente cuando las condiciones ambientales que afectan las poblaciones son distintas. En estos casos, la selección natural ejerce una influencia fuerte en la constitución alélica de las respectivas poblaciones. Aun cuando existe la posibilidad de migración entre poblaciones, la selección natural mantendrá la diferencia entre ellas.

Cuando hay un traslape continuo de poblaciones, pero dos rodales ubicados en los extremos del rango claramente constituyen o conforman poblaciones distintas con diferencias alélicas consecuentes con la selección natural, este tipo de variación genética se llama variación genética clinal. También la selección natural puede causar variación ecotípica (Cornellius, 1993).

#### **¿Qué estrategias se siguen para establecer huertos semilleros, rodales semilleros y ensayos de procedencias?**

**Procedencia:** es el área geográfica original de la cual se obtuvo la semilla o el propágulo.

**Fuente de semillas:** es el lugar de donde se toman las semillas para su posterior propagación.

**Huertos semilleros:** Se clasifican de acuerdo con la generación, dependiendo

de cuántos ciclos de mejoramiento representen.

Un huerto es una plantación de árboles genéticamente superiores que está aislada para reducir la polinización proveniente de fuentes externas genéticamente inferiores, intensivamente manejada para producir cosechas de semillas frecuentes, abundantes y de fácil recolección. Se establece mediante clones (como injertos o estacas) o plántulas de árboles seleccionados por sus características deseables (Granhof, 1991; Lambeth, 1993)

Cuando se establece un huerto semillero, deben tomarse en cuenta varios aspectos. La localización, el tamaño, el tipo y los métodos de manejo del huerto son de vital importancia. Una regla básica para establecer un huerto semillero es planear con anticipación, para la fase de establecimiento inicial, esta debe ser de 2 a 3 años.

Para la localización, se deben tomar en cuenta aspectos como: accesibilidad, disponibilidad potencial de mano obra, tipo, textura y fertilidad del suelo, ventilación, suministro de agua, localización geográfica, aislamiento, insectos, enfermedades y plagas de animales destructivos, si el ambiente de un área determina la floración de los árboles. Además de los aspectos biológicos, hay que considerar los económicos y las relaciones públicas y el uso posterior que se le podría dar a ese terreno, como, por ejemplo, construcción de caminos, aeropuertos, tendido de tubería, casas, etc., así como la seguridad del lugar y que no se le va a causar ningún daño a los materiales. (Lambeth, 1993; Zobel & Talbert, 1984).

Para el establecimiento del huerto, se debe considerar la preparación del sitio y del suelo, la propagación vegetativa que se va a establecer (Granhof, 1991).

Los huertos deben estar protegidos de la introducción de polen extraño. Se

desconoce cuál sería la distancia más adecuada. Deben ser cerrados hasta donde sea posible para permitir la máxima polinización cruzada entre los miembros del huerto y para reducir los efectos de los extremos (Zobel & Talbert, 1984).

El tamaño apropiado del huerto está determinado por la cantidad de semilla y por la especie, entre otros. En caso de especies polinizadas por el viento, debe diseñarse de tal forma que se obtenga el mínimo de parentesco originado por *cruza* de los progenitores. Para el caso de huertos vegetativos, el número original de clones que se utilice debe ser suficiente para asegurar una base genética adecuadamente amplia (Zobel & Talbert, 1984).

Muchas de las ventajas de un programa de mejoramiento forestal se pierden si los huertos semilleros no producen semilla a su máximo potencial. (Zobel & Talbert, 1984)

Otros aspectos que hay que tomar en cuenta en el manejo de huertos sería: biología de la especie, selección del método de mejoramiento, el uso de poblaciones de mejoramiento y de producción de semilla en forma combinada o separada, manejo del suelo, superficie del huerto, fertilización, problemas causados por plagas, así como diferentes estrategias para favorecer y aumentar la floración (Granhof, 1991; Zobel & Talbert, 1984).

En todos los huertos se deben llevar los registros en donde se debe tomar en cuenta al menos los siguientes aspectos: fertilización y adición de cal, riego (si se aplica), subsuelo, profundidad y dirección, control de insectos y enfermedades, podas, *aclareos*, condiciones biológicas y ambientales poco comunes (tormentas, sequías, vientos, inundaciones, etc.), floración, producción de conos, frutos y semillas, entre otros.

Dentro del manejo se deben contemplar: cobertura del suelo, aplicación de fertilizantes, riego, tratamientos con reguladores de crecimiento, raleos, formación y poda de copas, tratamientos de tallo y raíz, protección y buenos registros (Granhof, 1991).

## Rodales semilleros

Un rodal semillero es una plantación o rodal natural, principalmente de una sola especie; que, por presentar características deseables en cuanto a crecimiento, forma de los árboles y sanidad, es seleccionado y manejado para producir semillas, en donde se procura mejorar la calidad genética del material y aumentar la producción de semillas en el menor tiempo posible. El rodal semillero pretende satisfacer las necesidades inmediatas de semilla, mejorar la calidad genética de estas y reducir los costos de recolección (Salazar & Dossier, 1993).

Los rodales semilleros se pueden agrupar en tres clases:

- En bosque natural.
- En plantaciones.
- En unidades experimentales.

Para identificar y seleccionar la creación de rodales semilleros, se debe hacer lo siguiente (Salazar & Dossier, 1993):

1. Definir la importancia de la especie.
2. Hacer un diagnóstico preliminar de la situación de cada especie.
3. Reconocer e inventariar los rodales a escala nacional o del área de interés
4. Selección de rodales.
5. Selección dentro de rodales y manejo.

El mantenimiento del rodal pretende aumentar y mantener confiable la cantidad

de semilla producida. Desde que se inicia el establecimiento del rodal, es necesario elaborar un plan en el que se programen los trabajos de raleo, cosecha y mantenimiento. Algunas de las actividades que deben ser planeadas y realizadas son: definir el área de recolección, mantener las rondas limpias (al menos en verano), hacer los drenajes necesarios, detectar la presencia de plagas o enfermedades, aplicar fertilizantes, eliminar ramas o árboles muertos, manejo de copas, mantener al día los registros de producción, etc. (Salazar & Dossier, 1993).

### Ensayos de procedencias

Una prueba o ensayo de procedencias es una plantación de varias procedencias plantadas en manera tal que permiten una comparación entre ellas en cuanto a productividad y otras características (Mesén, 1993).

Las procedencias frecuentemente tienen diferentes constituciones genéticas, ya que cuando se plantan árboles de varias procedencias en un solo lugar pueden darse grandes diferencias en comportamiento entre las procedencias (Mesén, 1993).

Para establecer ensayos de procedencias, es necesario conocer el objetivo de la plantación y las prioridades establecidas en la política forestal nacional. Hay que considerar aspectos tales como: fuste, hojas, flores, frutos y semillas, si son de especies nativas o introducidas (Perdersen *et al.*, 1993).

Un ensayo de procedencias, en donde se prueban muchas fuentes de semilla, de una especie promisoría, es una herramienta esencial para estimar el grado de variación que existe dentro de una especie (Perdersen *et al.*, 1993).

Para muchas especies de distribución amplia, la selección de procedencias puede seguir las siguientes etapas o fases (Mesén, 1993; Perdersen *et al.*, 1993):

1. Muestreo de procedencias de rango amplio.
2. Muestreo de procedencias de rango restringido.
3. Fase de validación de procedencias.

Al iniciar la primera etapa, frecuentemente se conoce muy poco sobre los patrones de variación de la especie. Por tal motivo, la decisión sobre cuántas procedencias incluir se hace con base en factores ambientales y geográficos de la distribución natural de la especie. Se sugiere incluir de 10 a 30 procedencias, las cuales se evalúan durante 174 años de la rotación (Perdersen *et al.*, 1993).

Se deben incluir procedencias del área donde la especie muestra un comportamiento óptimo, así como de ambientes extremos u ocurrencias insulares. En áreas grandes y homogéneas se deben establecer límites artificiales para definir procedencias, por ejemplo límites de caminos, ríos y otros aspectos importantes del paisaje, así como dividir el área en cuadrículas y tomar una muestra sistemática. El muestreo sistemático puede revelar la dirección y magnitud de posibles tendencias de variación (Perdersen *et al.*, 1993).

Por lo general, se recomienda recolectar semillas de 25 a 30 árboles, no emparentados por procedencia, para obtener una muestra representativa de la composición genética de esta. El número de árboles recomendados por diferentes autores varía de 10 a 50. Además, los árboles escogidos en rodales naturales deben estar distanciados de 100 a 300 metros, para evitar el efecto de la autopolinización. Los árboles preferiblemente deben ser dominantes o codominantes (Perdersen *et al.*, 1993).

En la segunda etapa se prueban de 3 a 5 procedencias promisorias por un período de media a una rotación, y en la tercera etapa se establecen plantaciones piloto con las mejores procedencias (Perdersen *et al.*, 1993).

Cada sitio experimental debe ser lo más uniforme posible, con un diseño experimental adecuado, generalmente el uso de bloques, considerando las condiciones ambientales (Mesén, 1993; Perdersen *et al.*, 1993).

Generalmente, hay controversias acerca del manejo que deben tener este tipo de ensayos. Sin embargo, en el momento del establecimiento de los ensayos se debe realizar un levantamiento del sitio seleccionado, ubicando claramente las áreas que deben ser evitadas, un adecuado manejo del material por plantar, así como el manejo relacionado con podas, raleos, control de plagas y enfermedades, evaluaciones de la semilla, vivero y campo, entre otros (Mesén, 1993).

### **¿Qué pautas se deben seguir para el mejoramiento genético a corto, mediano y largo plazo?**

El mejoramiento genético se aplica cuando el control de las fuentes parentales se combina con otras actividades de manejo, como la preparación o fertilización del lugar, para mejorar los rendimientos totales y la calidad de los productos de los terrenos. El mejoramiento genético solo es eficaz cuando combina todas las experiencias silvícolas y de mejoramiento genético forestal para obtener los productos forestales lo más rápido y económicamente posible; es decir, es una herramienta adicional de la silvicultura, que estudia el tipo y constitución genética de los árboles utilizados en las operaciones forestales (Zobel & Talbert, 1984).

Todos los programas de mejoramiento genético deben tomar en cuenta:

- a. Determinación de las especies o fuentes geográficas dentro de una especie, que deben utilizarse en un área determinada.
- b. Determinación de la cantidad, tipo y causas de la variabilidad dentro de la especie.
- c. Agrupamiento de las cualidades deseadas en individuos mejorados, para obtener árboles con combinaciones de las características deseadas.
- d. Producción a gran escala de los individuos mejorados con fines de reforestación.
- e. Desarrollo y mantenimiento de una población con una base genética lo bastante amplia para satisfacer las necesidades de las ganancias avanzadas.

Las contribuciones que el mejoramiento genético forestal haga al crecimiento, calidad, resistencia a las plagas y adaptabilidad de los rodales forestales, son mayores de acuerdo con algunas condiciones que en otras.

Las estrategias en mejoramiento forestal se usan en genética forestal, debido a que tienen que ver con la planificación y ejecución de programas de mejoramiento, especialmente a largo plazo, que consideren varias generaciones y que, aun así, sean suficientemente flexibles y rígidas, para incorporar cambios en la política forestal y en la silvicultura, así como innovaciones en la genética y en los métodos de propagación (Wellendorf, 1991).

Una estrategia de mejoramiento forestal contiene dos etapas (Wellendorf, 1991):

1. Selección de subpoblaciones (procedencias) para las zonas de plantación y fijación de prioridades, para mejoramiento futuro adicional, dentro de esas subpoblaciones.

2. La identificación o creación de fuentes semilleras a corto y largo plazo, dentro de estas subpoblaciones.

Además de la estrategia anterior, existen tres elementos importantes del mejoramiento forestal:

1. Poblaciones forestales: su estructura y manejo, son la esencia del mejoramiento forestal.
2. Manejo: la base humana y organizativa, para las actividades del mejoramiento forestal.
3. Investigación y desarrollo: son elementos necesarios para resolver ciertos problemas fundamentales del mejoramiento forestal.

Dentro de las estrategias para la conservación genética, se tienen dos grandes líneas de acción: conservación *in situ* y la conservación *ex situ*. La primera se refiere a aquellas estrategias que realizan la conservación de genes con base en poblaciones en su estado natural, o en su mismo sitio, mientras que la segunda se refiere a todas aquellas estrategias que se basan en la conservación genética en condiciones artificiales o fuera de su condición natural (Murillo, 1993).

Las estrategias de mejoramiento genético a corto plazo son todas aquellas acciones que pueden ser ejecutadas y que produzcan semilla o propágulos mejorados entre 1 a 3 años. Entre las principales estrategias están: árboles semilleros, rodales semilleros o rodales plus y áreas semilleras (Murillo, 1993)

En el caso de poblaciones de producción de semilla a corto plazo, los beneficios del mejoramiento genético se transfieren a la silvicultura operacional a través de las poblaciones de producción de semillas; en este caso, se diseñan huertos semilleros. Se pueden seleccionar rodales naturales o plantaciones para convertirlos

en rodales semilleros, se pueden usar también propágulos vegetativos de genotipos superiores. Para esto se pueden obtener ganancias genéticas superiores adicionales, a través de una selección intensiva en ciertas características específicas; sin embargo, se puede restringir la variación genética del material que se planta a gran escala (Wellendorf, 1991).

A mediano plazo son aquellas acciones que puedan ser ejecutadas y que produzcan semillas o propágulos mejorados entre el corto plazo y la mitad de la rotación de la especie (8 a 12 años). Las estrategias en este período requieren del tiempo necesario para evaluar genéticamente el material seleccionado, por lo que la ganancia genética que se genera es bastante superior a las estrategias a corto plazo. Entre las más utilizadas están: ensayos de procedencias, ensayos de progenies o descendencias, ensayos de procedencias/descendencias, huertos semilleros, plantaciones semilleras de base genética amplia y reforestación clonal (Murillo, 1993).

En mejoramiento genético se entiende por generaciones avanzadas a todas aquellas estrategias de mejoramiento a largo plazo que requieren el desarrollo de acciones por más de una generación. Son el conjunto de acciones de mejoramiento posteriores a las efectuadas en el mediano plazo o aproximadamente media rotación (6 a 12 años) (Murillo, 1993).

Por lo general, implican el desarrollo de las tres líneas de trabajo de un programa completo de mejoramiento genético:

1. Línea de conservación.
2. Línea de fitomejoramiento o de desarrollo.
3. Línea de producción.

El principal objetivo del mejoramiento de generaciones avanzadas es el de

aumentar al máximo las ganancias por unidad de tiempo. Los principales aspectos y decisiones por considerar en un programa de mejoramiento avanzado son: método de selección, diseño de cruzamiento, intensidad de selección aplicada y manejo del nivel de endogamia o consanguinidad (Murillo, 1993).

Las poblaciones de mejoramiento a largo plazo son el eje central de los programas de mejoramiento. En estas poblaciones, la selección de características deseables cambia las frecuencias genéticas. Sin embargo, esta selección se restringe de tal forma que la variación genética se mantiene aproximadamente al mismo nivel que el de las poblaciones silvestres. Después de muchas generaciones de selección, la base genética de la población de mejoramiento debe ser todavía suficientemente amplia para poder continuar con el programa y realizar mejoramiento aun en nuevas direcciones (Wellendorf, 1991).

## Bibliografía

- Cornellius, J. 1993. Variación génica. *En*: Cornellius, J.; Mesén, F. & E. Corea. 1993. Manual sobre mejoramiento genético forestal, con referencia especial a América Central, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 175 pp.
- Granhof, J. 1991. Programación masiva de material mejorado, huertos semilleros: concepto, diseños y papel en el mejoramiento forestal. *En*: Jara: L.F. (ed.) Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Tomo II. Serie técnica, Manual técnico # 14. DANIDA/CATIE/MIREN-/PROSEFOR, Turrialba, Costa Rica. 156 pp.
- Lambeth, C. 1993. Huertos semilleros. *En*: Cornellius, J.; Mesén, F. & E. Corea. 1993. Manual sobre mejoramiento genético forestal, con referencia especial a América Central, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 175 pp.
- Mesén, F. 1993. Ensayos de procedencias en especies forestales: establecimiento, manejo, evaluación y análisis. *En*: Cornellius, J.; Mesén, F. & E. Corea. 1993. Manual sobre mejoramiento genético forestal, con referencia especial a América Central, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 175 pp.
- Murillo, O. 1993. Estrategias de mejoramiento genético forestal. *En*: Cornellius, J.; Mesén, F. & E. Corea. 1993. Manual sobre mejoramiento genético forestal, con referencia especial a América Central, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 175 pp.
- Pedersen, A.; K. Olesen & L. Graudal. 1993. Mejoramiento forestal a nivel de especies y procedencias. *En*: Jara: L.F. (ed.) Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Tomo II. Serie técnica, Manual técnico # 14. DANIDA/CATIE/MIREN-/PROSEFOR, Turrialba, Costa Rica. 174 pp.
- Salazar, R. & Dossier, D. 1993. Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies forestales. *En*: Cornellius, J.; Mesén, F. & E. Corea. 1993. Manual sobre mejoramiento genético forestal, con referencia especial a América Central, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 175 pp.
- Wellendorf, H. 1991. Estrategias de mejoramiento genético forestal. *En*: Jara: L.F. (ed.) Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Tomo II. Serie técnica, Manual técnico # 14. DANIDA/CATIE/MIREN-/PROSEFOR, Turrialba, Costa Rica. 156 pp.
- Zobel, B. & Talbert, J. 1984. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons, New York. USA. 505 pp.