

Mejoramiento genético de leguminosas

Julio Viera Díaz

Instituto de Genética, Facultad de Agronomía, UCV, Venezuela.

RESUMEN. El mejoramiento genético, comprendido como el proceso que permite obtener poblaciones con alta frecuencia de fenotipos deseables, incluye métodos llamados tradicionales y biotecnológicos. Mediante este proceso se puede resolver cualquier problema, con la única condición de que esté asociado a una característica que sea controlada por genes. Por esta vía, en las leguminosas se han mejorado el rendimiento, la morfología, el comportamiento ante patógenos y otros factores del ambiente que causan estrés, y la calidad de los granos. En Venezuela, un ejemplo importante de lo que puede hacer el mejoramiento genético lo constituye la domesticación de la especie *Canavalia ensiformis* (L.) DC. y la solución de algunos problemas que limitan su cultivo, entre ellos se destacan el porte o hábito de crecimiento (se pasó de una planta erecto-voluble a una más erecta) y los frutos que se pudren por el contacto con el suelo (se han logrado plantas con frutos más cortos). Para el problema de los factores antinutricionales también se pueden alcanzar soluciones; se han encontrado genotipos con menores contenidos del aminoácido libre canavanina.

El mejoramiento genético de las leguminosas, al igual que en todas las especies vegetales, ha sido desarrollado científicamente durante el siglo XX, a partir del redescubrimiento de las Leyes de Mendel. Esta ciencia y arte se puede definir como el proceso que permite obtener poblaciones con alta frecuencia de fenotipos deseables. La palabra fenotipo que se incluye en esta definición implica, de una vez, que a los genotipos mejorados se les debe ofrecer el ambiente adecuado para que manifiesten la característica mejorada. Por otra parte, el proceso puede incluir métodos tradicionales, como introducción y evaluación, selección con y sin recombinación, hibridación e inducción de mutaciones, o los más novedosos conocidos como biotecnológicos (cultivo *in vitro* e ingeniería genética).

Aunque todos los métodos conducen a los tres tipos de cultivares que se utilizan en la producción comercial de las especies vegetales, el clón (un genotipo multiplicado vegetativamente), la variedad (grupo de genotipos reproducidos por autofecundación) y el híbrido (un genotipo obtenido por cruzamiento entre dos líneas puras). Para iniciar un programa

SUMMARY. Genetic improvement of legumes. Genetic improvement, a process aimed to obtain populations with a high frequency of desirable phenotypes, comprises both traditional and biotechnology approaches. Through these manipulations it is possible to address any problem, provided it is associated with a gene determined character. In the case of legume crops, some features have been changed such as yield, plant morphology, susceptibility to pathogens and other stress factors which reduce grain quality and output. In Venezuela an example of genetic improvement is represented by the domestication of *Canavalia ensiformis* (L.) DC. working out some problems which limited its use as a crop, such as the shape and growing pattern, to obtain erect plants, and pod length to avoid its contact with the humid soil which accelerates rotting. Regarding the improvement of grain quality, genotypes have been found with low canavanine content.

de mejoramiento se requiere conocer la forma de reproducción de la especie.

En su forma tradicional el mejoramiento genético se aplica siguiendo las etapas siguientes:

1. Búsqueda de variabilidad genética
2. Determinación de la naturaleza de esa variabilidad.
3. Aplicación de un método apropiado.
4. Evaluación y comparación de los genotipos obtenidos.

Después de demostrar sus bondades, el punto final debe ser la entrega del cultivar obtenido a los agricultores. La aceptación o no de ese genotipo ya no es responsabilidad del mejorador.

Los métodos nuevos permiten ahorrar tiempo (generaciones), por ejemplo: para obtener individuos homocigotas, se cultivan partes haploides como el grano de polen y se le duplican los cromosomas; y superar barreras que, para los procedimientos tradicionales, serían insalvables; por ejemplo: para usar genes de una especie a otra se puede emplear desde la fusión de núcleos hasta la transformación.

En general, a través del mejoramiento genético se puede resolver cualquier problema; la única limitante es el posible control genético. Una medida del control genético es la heredabilidad, la cual es un cociente entre la varianza debida a la diferencia entre genotipos y la varianza debida a la diferencia entre fenotipos (la suma de la causada por los genotipos más la causada por el ambiente). Sin embargo, esa limitante depende de la forma como se defina el problema; en este sentido, puede suceder que al descomponerlo, alguna de las características componentes tenga una heredabilidad alta. También se pueden buscar características que sin ser componentes del problema tengan alguna asociación con él. Por ejemplo: el rendimiento de granos es uno de los objetivos más comunes del mejoramiento. Una descomposición usual del rendimiento señala que este es la resultante del producto de tres características: número de frutos por planta, número de semillas por fruto y peso de semilla. La importancia de cada característica puede depender de la especie; así: en arveja, el número de frutos es la más importante(1); mientras que en soya de crecimiento indeterminado el número de semillas parece más importante(2).

Un problema comúnmente considerado en la leguminosas es su morfología, entre las características consideradas están el hábito de crecimiento; en esta familia es frecuente encontrar, dentro de una misma especie, diferentes hábitos tales como plantas rastreras, trepadora y arbustos («maticas»). Estas últimas son las más convenientes para la producción comercial porque se adaptan mejor a la mecanización de las labores. Esta característica está estrechamente asociada con el patrón de crecimiento, determinado e indeterminado; en general, hay mayor preferencia por el determinado. Tanto el hábito como el patrón tienen heredabilidades relativamente altas (3).

Las leguminosas son plantas muy atractivas para los enemigos naturales ya sean insectos, hongos, bacterias o virus. Por otra parte, el mejoramiento genético ofrece la solución más definitiva para ese tipo de problema. De allí que éste sea otro de los problemas más estudiados en esta familia.

La calidad de los granos es uno de los problemas que más se estudia actualmente. En los granos de estas plantas se pueden acumular altas cantidades de los compuestos nutritivos básicos, esto es: proteínas, carbohidratos y lípidos. En muchos programas se ha buscado aumentar los contenidos de estas sustancias; sin embargo, en algunos casos se ha encontrado que el incremento de una trae como consecuencia la disminución de otra; tal situación se ha presentado por ejemplo en soya, en la cual el contenido de proteína podía estar

inversamente correlacionado con el de aceite (3). No obstante, en relación a las proteínas se han logrado detalles importantes como cultivares de soya con alto contenido de aminoácidos azufrados (4). Por otra parte, la acumulación de altas cantidades de nitrógeno en estas plantas puede conducir a la formación de metabolitos secundarios que pueden, a su vez, producir efectos indeseables en los animales tales como disminución de la cantidad de alimento consumido. En los animales utilizados en explotaciones pecuarias, este efecto puede limitar los procesos productivos tales como el engorde, la postura de huevos y la producción de leche. A pesar de que existen tecnologías que pueden reducir o desnaturalizar estos metabolitos, el mejoramiento genético sigue siendo la mejor alternativa para modificarlos.

Aunque las leguminosas son plantas que pueden crecer en ambientes muy diversos, por ejemplo: bajo sequía, el estrés causado por diferentes factores del ambiente, como la acidez del suelo y la misma sequía, se está considerando en muchos programas de mejoramiento. Un buen ejemplo de adaptación a un factor del ambiente son los cultivares de soya desarrollados para los diferentes fotoperíodos de EUA y Canadá (3).

De todas maneras, el rendimiento sigue recibiendo atención y mucho del trabajo que se realiza en los otros problemas mencionados van dirigidos hacia su incremento. Así, se puede destacar que las modificaciones morfológicas pueden permitir una arquitectura de la planta más adecuada para la mejor captación de la radiación solar. Otro aspecto relacionado con el rendimiento es su estabilidad, ya no es suficiente con obtener cultivares rendidores, sino que debe buscarse que ese rendimiento pueda mantenerse en años sucesivos y, si es posible, en localidades diferentes.

Dos características en las que se han estado trabajando en los últimos años son el mejoramiento de la capacidad de fijación de nitrógeno y la capacidad de regeneración de plantas en cultivo de tejidos.

Una leguminosa que ha recibido especial atención en Venezuela y otros países es la *Canavalia ensiformis* (L) DC. Las razones de esta atención son, entre otras, su alta capacidad de producción de granos en condiciones tropicales y el alto contenido de proteínas y carbohidratos de sus granos. Sin embargo, esta planta se encontraba en una condición de semisilvestre o semicultivada. Un rasgo de planta cultivada lo constituye el tamaño grande y la alta capacidad germinativa de sus semillas, mientras que el crecimiento indeterminado y la alta dependencia de la humedad ambiental de su reproducción la señalan como silvestre. Muchas de las modificaciones que se han logrado en canavalia han ayudado a su domesticación.

Una primera modificación fue la del hábito de crecimiento o porte erecto-voluble. A esta característica se le considera indeseable porque constituye un impedimento para la realización de labores como la eliminación de malezas y recolección de frutos ya que las plantas se unen unas a otras a través de los llamados ápices volubles. Además de la presencia de estos ápices, este problema tiene dos componentes más la ramifica-

ción excesiva y la caída (decumbencia) de las ramas. Estos dos componentes tienen relación con otros dos problemas, la ramificación excesiva con la desuniformidad de la maduración de los frutos y la decumbencia de las ramas con el contacto de los frutos con el suelo. De los tres componentes el que ha resultado más fácil de mejorar ha sido la presencia de ápices volubles. Con ese propósito, en una población de plantas del genotipo «Original» se diferenciaron dos grupos, uno con alta frecuencia de plantas con ápices volubles y otro sin esos ápices. Luego de dos generaciones, estos grupos se estabilizaron y mantuvieron la diferencia y constituyeron los genotipos, «Postrado» y «Erecto», respectivamente (5). Aunque la presencia de estos ápices depende mucho de factores del ambiente (la sombra, por ejemplo), ha demostrado también una dependencia genética importante.

Una segunda modificación importante ha sido la reducción del tamaño de los frutos. La necesidad de esta modificación surge del problema que constituye el contacto de los frutos con el suelo el cual ocasiona, a su vez, dos dificultades, la pudrición de los frutos en ambientes húmedos y el comienzo de la germinación de las semillas dentro del fruto. Este problema tiene, aparte del que se mencionó (la decumbencia de las ramas), otros dos componentes importantes que son el gran tamaño de los frutos y su inserción muy baja en la planta. Cada componente se ha tratado de mejorar, sin embargo, debido a la herencia relativamente sencilla, dos pares de genes (6), el tamaño del fruto ha sido el que ha ofrecido mayor perspectiva. No obstante, la reducción de los frutos tiene un riesgo muy alto porque se ha demostrado que el alto rendimiento de esta planta depende del tamaño de sus frutos (7). En este sentido, se ha optado por un tamaño intermedio que, en ensayos preliminares, ha permitido obtener genotipos con rendimiento similares a los de frutos grandes.

De los factores antinutricionales que contienen los granos de canavalia, el que parece más superfluo es el aminoácido libre canavanina. A él se le ha atribuido un papel protector de la planta debido a su efecto insecticida (8), pero la comparación, en diferentes ambientes, entre un genotipo de bajo contenido, como «Tovar», con otros de alto contenido no ha comprobado ese papel. Por otra parte, su efecto deprimente sobre el consumo de alimentos en pollitos de engorde si ha sido demostrado (9) y, en consecuencia, el contenido de proteína cruda de 31% en los granos ahora se corrige a 26% (10). Un primer intento para determinar el control genético del contenido de canavanina ha indicado que se debe a pocos pares de genes (posiblemente dos o tres), esto ha permitido que en sólo tres generaciones se puedan obtener genotipos de contenido relativamente bajo.

REFERENCIAS

1. Ney B.; C. Duthion & E. Fontaine. Timing of reproductive abortions in relation to cell division, water content, and growth of pea seeds. *Crop Sci.* 33:267-270, 1993.
2. Munier-Jolain N.; B. Ney & C. Duthion. Sequential development of flowers and seeds on the mainstem of an indeterminate soybean. *Crop Sci.* 33: 768-771, 1993.
3. Fehr W. Soybean In: Principles of Cultivar Development: Crop Species. Vol. 2. W. Ferh (Ed.). New York Macmillan Publishing Company. p. 533-576, 1987.
4. Serretti C.; W.T. Schapaugh Jr. & RC Leffel. Amino acid profile of high seed protein soybean. *Crop Sci.* 34:207-209, 1994.
5. Viera J. & C. Ramis. Aspectos genéticos del cultivo de la canavalia. En: *Canavalia ensiformis* (L) DC. Producción, procesamiento y utilización en alimentación animal. R. Vargas; A. León & A. Escobar (Eds). San Cristóbal, Venezuela. Ed. Futuro. p. 86-96, 1993.
6. Ramis C. Modo de reproducción y análisis de un dialelo en *Canavalia ensiformis* (L) DC. Tesis de Maestría. Post-grado de Agronomía. Facultad de Agronomía, UCV. Maracay, Venezuela. 1992.
7. Ramis C. & J. Viera. Primera evaluación de selecciones por tamaño de frutos en *Canavalia ensiformis*. XLIII Convención Anual de AsoVAC. Mérida, Venezuela. 1993.
8. Cedeño A. *Canavalia ensiformis*: ¿Un insecticida biológico?. En: Recursos Tropicales para la Alimentación Animal. Vol. 3. Maracay, Venezuela. Facultad de Agronomía, UCV. p. 37-47, 1990.
9. Michelangeli C. & R. Vargas. Posibles efectos de la canavanina sobre el metabolismo proteico de las aves. En: *Canavalia ensiformis* (L) DC. Producción, procesamiento y utilización en alimentación animal. R. Vargas; A. León & A. Escobar (Eds.). San Cristóbal, Venezuela. Ed. Futuro p. 187-198, 1993.
10. León A.; R. Vargas; C. Michelangeli; JM Carbaño; J. Risso & JJ Montilla. Valor nutricional de los granos de *Canavalia ensiformis* en dietas para aves y cerdos. En: *Canavalia ensiformis* (L) DC. Producción, procesamiento y utilización en alimentación animal. R. Vargas; A. León & A. Escobar (Eds.). San Cristóbal, Venezuela. Ed. Futuro p. 213.227, 1993.