

[ PRODUCTIVIDAD DE LEGUMINOSAS ]

# Cruzamientos para la mejora del tamaño de grano de judía

**Ana María González Fernández**  
Misión Biológica de Galicia-CSIC

El Grupo de Leguminosas del Departamento de Recursos Fitogenéticos de la Misión Biológica de Galicia ha llevado a cabo un programa de mejora para desarrollar líneas de judía común con una mejor calidad de grano y alto rendimiento. Este programa ha consistido en diferentes cruzamientos realizados dentro de un mismo acervo genético y entre acervos genéticos distintos. La descendencia de los cruzamientos se ha sometido a un método de selección genealógica mixto. Los cruzamientos dentro del mismo acervo han dado mejores resultados.

**A**unque estos resultados se vieron limitados cuando se combinaron genotipos pertenecientes a la misma clase comercial, como es el caso de los cruzamientos intrarraciales. Sin embargo, los cruzamientos interraciales, realizados dentro del mismo acervo pero entre distintas razas, resultaron ser la mejor opción para obtener líneas con un tamaño de grano deseable y una buena producción.

Por lo que esta combinación debería considerarse en futuros programas de selección, ya que presenta una considerable variabilidad, al tratarse de cruzamientos entre distintas razas y dar lugar a líneas con buenos valores para el tamaño de grano y producción.

## [ Historia de las legumbres

Podemos calificar a las legumbres como uno de los escasos y genuinos cultivos ecológicos que existen, porque una vez recolectadas favorecen la fertilización natural del suelo preparándolo para recibir otro tipo de semi-

llas. Así, la alternancia con la siembra de cereales se ha realizado tradicionalmente en la mayor parte de las zonas agrícolas de la España interior y en las grandes zonas de secano. Pero en las últimas décadas, nuestro país ha multiplicado la producción de cereales con el objetivo de reducir la dependencia exterior, lo que ha sido a costa de las legumbres.

A partir de ahora, hay que anotar que la tendencia de la agricultura española, europea y mundial en el último tramo del siglo XX viene marcada por la presión de los excedentes en los grandes cultivos, y este escenario se vuelve propicio para intentar rescatar producciones viables y rentables, sin problemas de mercado evidentes. En este diagnóstico encajan perfectamente las legumbres de España, como cultivo autóctono adaptado a las condiciones de clima y suelos, revalorizado por su contribución ecológica como fertilizante natural de la tierra, gracias al efecto resultante de la simbiosis de la raíz de la legumbre y una bacteria conocida como *Rhizobium*,



**Tabla 1:**  
**Razas de judía común y sus características**

| Acervo genético <sup>a</sup> | Raza          | Semilla             |                           | Pha <sup>c</sup> | Isoenzima        | Hábito          |
|------------------------------|---------------|---------------------|---------------------------|------------------|------------------|-----------------|
|                              |               | Tamaño <sup>b</sup> | Forma                     |                  |                  |                 |
| M                            | Mesoamerica   | Pequeño             | Cilíndrica, riñón, oval   | S, Sb, B         | Me98, Diap-2 105 | I, II, III y IV |
|                              | Durango       | Medio               | Romboédrica               | S, Sd            | Me102            | III             |
|                              | Jalisco       | Medio               | Oval, redonda, cilíndrica | S                | Me100, Mdh-2 102 | IV              |
| A                            | Nueva Granada | Medio-grande        | Cilíndrica, riñón         | T                | Rbc100, Me100    | I, II y III     |
|                              | Chile         | Medio               | Oval, redonda             | C, H             | Mdh-1 100        | III             |
|                              | Perú          | Medio-grande        | Oval, redonda             | T, C, H          | Mdh-1 103        | IV              |

a M: Mesoamericano, A: Andino; b Tamaño pequeño < 25 g, tamaño medio < 25 > 40 g y tamaño grande > 40 g; c Pha<sup>c</sup>: proteína de reserva faseolina

que permite absorber y fijar perfectamente el nitrógeno en el suelo.

La judía común (*Phaseolus vulgaris* L.) es originaria de América latina, donde se le atribuyen dos centros de origen: México - América Central (acervo genético Mesoamericano) y Perú-Ecuador-Bolivia (acervo genético Andino). Singh y otros (1991) dividieron los dos grupos de germoplasma en seis razas (Tabla 1), basándose en características morfológicas, bioquímicas y agronómicas y su distribución geográfica en sus centros primarios de origen.

Aunque en Europa, griegos y romanos conocían una especie afín a la judía común, se puede afirmar con toda certeza que fue introducida en este continente desde América en el siglo XVI. Los cruces ocasionales, la adaptación a condiciones ambientales particulares (temperatura, humedad, fotoperiodo, fertilidad y enfermedades), los sistemas de cultivo y una fuerte selección de tipos de grano basándose en las preferencias del consumidor, jugaron un papel importante en la evolución de las nuevas formas generadas en la Península Ibérica. Las nuevas clases comerciales “favada” o “fava”, “hook” o “ganxet” y “large great northern” o “plancheta” podrían ser consideradas como “formas ibéricas”, las cuales podrían haber surgido a partir del cruzamiento entre las razas andinas y mesoamericanas que mejor se han adaptado a las condiciones de la Península.

## El cultivo en España

Las judías asumen el liderazgo entre las legumbres españolas, al menos en cuanto a número de variedades y superficie de cultivo. España produce

unas 16.000 toneladas, aunque esta cifra varía de un año a otro. Pero, a pesar de las demandas del mercado y los altos precios que en algunos casos este producto puede alcanzar, se ha producido un descenso considerable de la superficie de cultivo, reduciéndose en los últimos diez años a una cuarta parte, lo que ha llevado a su vez a una reducción de la mitad de la producción (MAPA, 2007).

Ésto es debido al escaso interés que presenta para los agricultores, existiendo diversos factores que contribuyen a este problema: la escasa oferta de variedades comerciales, la falta de material mejorado, la susceptibilidad del cultivo a una amplia variedad de plagas y enfermedades (virosis, bacteriosis y enfermedades fúngicas) y las exigencias del cultivo. Únicamente las zonas con variedades reconocidas legalmente por Indicaciones Geográficas Protegidas (IGPs) mantienen una producción económicamente significativa (“Faba Asturiana” y “Judías de El Barco de Ávila”, ya aprobadas, “Faba de Lourenzá” y “Alubia de la Bañeza-León”, en trámite).

Además, la situación es alarmante en lo que respecta a la conservación de material autóctono. Si bien las judías de La Granja (ingrediente básico de la fabada asturiana) parecen fuera de peligro por realizarse un activo trabajo sobre ellas, y aunque ciertas casas comerciales de semillas llevan a cabo trabajos de mejora con algunas de la variedad ‘Garrafal’ (para verdeo), en muchas regiones como El Barco de Avila, La Bañeza e incluso en las huertas valencianas, la pérdida de excelentes razas locales puede ser un hecho a muy corto plazo. Las ‘Garbanceras’, ‘Riojanas’, ‘Arrocinas’ de El Barco, las ‘Panchinas’ y ‘Moritas’

## Claves

- Los métodos empleados en mejora se engloban en la selección masal, el empleo del cruzamiento para combinar diferentes características de los parentales en un individuo y las modernas técnicas de ingeniería genética que consisten en introducir un gen de una especie en otra sin mediar el cruzamiento
- El cruzamiento de líneas procedentes de distintas razas pero pertenecientes al mismo acervo proporcionaron una progenie con un tamaño de grano deseable
- Los alelos mesoamericanos se han “impuesto”, quizás por la mayor productividad y en definitiva, competitividad, característica de su acervo, a los alelos andinos

asturianas, las ‘Riñón’ de La Bañeza, todas ellas para grano, y las numerosas y variadas ‘Garrafal’ como ejemplo señero de las de verdeo, pueden ser muy pronto no más que un número en un banco de germoplasma. Por lo que a pesar de una demanda estable y un precio alto en el mercado no se ha podido evitar una no menos alta erosión genética.

En el contexto agrícola europeo actual, las variedades tradicionales de cultivos pueden ocupar un lugar significativo si se evalúan y someten a procesos de selección y mejora genética. Además, los consumidores demandan calidad, variación y valor organoléptico.

## Mejora vegetal

La colección de germoplasma de la Misión Biológica de Galicia (MBG-CSIC, Consejo Superior de Investigaciones Científicas) cuenta con más de 2.000 entradas de *Phaseolus vulgaris*, incluyendo entre ellas más de 1.800 variedades locales. Los estudios llevados a cabo en este centro desde 1987 han mostrado una amplia diversidad entre estas variedades, tanto para caracteres morfológicos, como a nivel molecular. La conservación de estas colecciones de semilla ofrece la posibilidad de: 1-preservar variedades locales en desuso para futuras generaciones; 2-recuperar y utilizar variedades locales; y 3-utilizar la diversidad genética en programas de mejora para el desarrollo de nuevas variedades.

Los objetivos de la mejora vegetal

han sido siempre los mismos: aumentar el rendimiento y mejorar la calidad nutritiva y tecnológica de los productos agrícolas. Básicamente los métodos empleados en mejora se pueden englobar en tres grandes grupos: selección masal, empleo del cruzamiento para combinar diferentes características de los parentales en un individuo y las modernas técnicas de Ingeniería Genética que consisten en introducir un gen de una especie en otra sin mediar el cruzamiento.

El éxito de los programas de mejora de plantas autógamas depende de la elección de parentales capaces de producir una progenie con una combinación de caracteres deseables, siendo una población segregante ideal aquella que proporciona líneas transgresivas, es decir, con valores que superan a los parentales.

En el Grupo de Leguminosas del Departamento de Recursos Fitogenéticos de la Misión Biológica de Galicia se ha llevado a cabo un programa de mejora para desarrollar líneas de judía común con una mejor calidad de grano y alto rendimiento. El tamaño de grano es uno de los caracteres que mejor diferencia los acervos genéticos Andino y Mesoamericano (Gepts, 1988) y se considera un importante carácter agronómico que incide en el valor comercial de las judías secas. Este programa ha consistido en diferentes cruzamientos realizados dentro de un mismo acervo genético y entre acervos genéticos distintos. La descendencia de estos cruzamientos se ha sometido a un método de selección genealógica mixto.

Se han escogido tres grupos de líneas como parentales: dos de ellos pertene-

**Tabla 2:**

**Medias de los caracteres masa, longitud y anchura de grano en las generaciones derivadas de seis cruzamientos intraraciales, interraciales y entre acervos genéticos. La masa se expresa en gramos, mientras que longitud, anchura y grosor en mm**

| PHA-267-20/PHA-257-23 (Nueva Granada x Nueva Granada) (cruzamiento intraracial) |                   |       |       |       |       |       |
|---|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | $(P_1 + P_2)/2^a$ | F3    | F4    | F5    | F6    | F7    |
| N <sup>b</sup>  | 10                | 50    | 30    | 100   | 388   | 714   |
| Media (masa)  | 0,566             | 0,660 | 0,381 | 0,606 | 0,493 | 0,607 |
| Media (longitud)  | 15,66             | 15,79 | 17,07 | 15,15 | 14,33 | 15,52 |
| Media (anchura)   | 7,73              | 8,60  | 9,24  | 7,92  | 7,07  | 8,06  |
| PHA-20-07/PHA-159-11 (Mesoamerica x Mesoamerica) (cruzamiento intraracial)      |                   |       |       |       |       |       |
| N <sup>b</sup>  | 10                | 110   | 110   | 328   | 100   | 300   |
| Media (masa)  | 0,302             | 0,344 | 0,382 | 0,303 | 0,328 | 0,301 |
| Media (longitud)  | 11,09             | 12,23 | 12,02 | 10,96 | 10,69 | 10,86 |
| Media (anchura)   | 7,70              | 7,80  | 7,95  | 7,12  | 7,22  | 7,35  |
| PHA-257-01/PHA-323-02 (Nueva Granada x Perú) (cruzamiento interracial)          |                   |       |       |       |       |       |
| N <sup>b</sup>  | 10                | 50    | 67    | 86    | 100   | 125   |
| Media (masa)  | 0,632             | 0,878 | 0,725 | 0,624 | 0,497 | 0,796 |
| Media (longitud)  | 15,98             | 17,85 | 15,87 | 16,23 | 14,33 | 17,39 |
| Media (anchura)   | 8,47              | 9,26  | 9,75  | 8,05  | 7,07  | 9,11  |
| PHA-267-18/PHA-338-27 (Nueva Granada x Perú) (cruzamiento interracial)          |                   |       |       |       |       |       |
| N <sup>b</sup>  | 10                | 50    |       | 75    | 50    | 515   |
| Media (masa)  | 0,478             | 0,700 |       | 0,709 | 0,603 | 0,662 |
| Media (longitud)  | 13,93             | 14,83 |       | 17,40 | 16,85 | 16,01 |
| Media (anchura)   | 7,97              | 8,84  |       | 9,85  | 7,05  | 8,64  |
| PHA-159-14/PHA-257-14 (Mesoamerica x Nueva Granada) (cruzamiento entre acervos) |                   |       |       |       |       |       |
| N <sup>b</sup>  | 10                | 100   | 75    | 65    | 20    | 150   |
| Media (masa)  | 0,411             | 0,347 | 0,434 | 0,262 | 0,285 | 0,275 |
| Media (longitud)  | 12,88             | 11,89 | 12,97 | 11,29 | 10,96 | 11,22 |
| Media (anchura)   | 7,37              | 7,24  | 8,01  | 6,85  | 5,98  | 6,67  |
| PHA-159-07/PHA-257-08 (Mesoamerica x Nueva Granada) (cruzamiento entre acervos) |                   |       |       |       |       |       |
| N <sup>b</sup>  | 10                | 135   |       | 75    | 72    | 140   |
| Media (masa)  | 0,470             | 0,400 |       | 0,556 | 0,349 | 0,362 |
| Media (longitud)  | 15,12             | 13,10 |       | 13,78 | 11,92 | 12,82 |
| Media (anchura)   | 7,82              | 7,91  |       | 8,66  | 7,74  | 7,38  |

a Valor medio de los parentales; b Número de individuos analizados en cada generación (Fn)





*Muchos años de gestación  
para conseguir*

*las características que distinguen  
a nuestras variedades.*



**SABOR - COLOR - FIRMEZA - CARNES CROCANTES Y JUGOSAS**



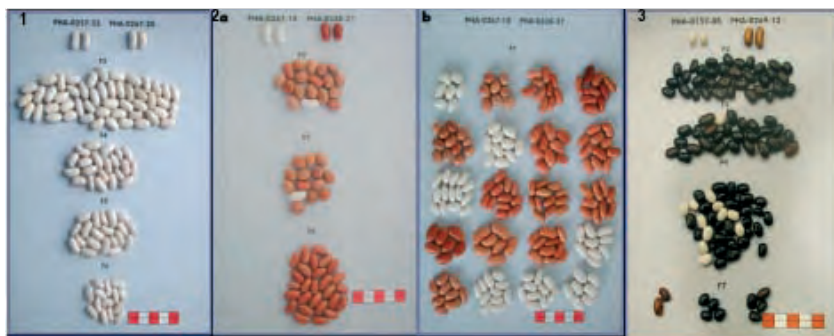
**Provedo**

Sede Central: LOGROÑO  
Barrio Varea · 26006  
Logroño (La Rioja)  
Tel.: 941 272 777  
Fax: 941 272 780  
comercial@provedo.com

Centro de Investigación  
(I+D+i) y producción  
Autovía de las Vegas Altas  
Ex - A2, km 16'5  
Vial de Servicio Ex - 106  
06400 Don Benito BADAJOZ  
Tel. Of. 924 811 746  
Fax. 924 812 593  
donbenito@provedo.com

## Figura 1:

Ejemplos de cruzamiento realizados: 1 dentro de la raza Nueva Granada (PHA-257-23/PHA-267-20), 2 entre la raza Nueva Granada y la raza Peru (PHA-267-18/PHA-338-27): a: generaciones F3-F6, b: líneas F7 y Mesoamerica x Nueva Granada (PHA-159-08/PHA-269-13)



cientes a las razas Nueva Granada y Peru, del acervo genético Andino (tamaño de grano grande-medio) y el tercero formado por la raza Mesoamerica, perteneciente al acervo genético Mesoamericano (tamaño de grano pequeño). Como resultado de dicho programa, se dispone de una colección de material segregante, producto de distintas combinaciones de razas y acervos genéticos, que ha sido la base del presente trabajo (Tabla 2).

## [Cruzamientos y variabilidad

La variabilidad presente en los tres tipos de cruzamientos realizados (intraraciales, intrarraciales y entre acervos) aumenta a medida que aumenta la distancia genética de los parentales, proporcionando una oportunidad para examinar la relación entre la divergencia genética de los parentales y el comportamiento de su progenie, y las implicaciones de cruzar parentales de distintos acervos genéticos.

Por lo que la comparación del comportamiento de las líneas procedentes de cruzamientos intra e interraciales es interesante para poder estimar la ganancia conseguida en un proceso de

selección y poder utilizar los recursos genéticos disponibles de una forma más eficiente.

En los cruzamientos intraraciales apenas se ha conseguido progreso para el tamaño de grano (Tabla 2). La baja variabilidad de estas líneas ha dificultado la selección para tamaño de grano en los cruzamientos realizados dentro de la misma raza.

Sin embargo, las poblaciones intraraciales proporcionaron un considerable incremento en el tamaño de grano. El cruzamiento de líneas procedentes de distintas razas pero pertenecientes al mismo acervo proporcionaron una progenie con un tamaño de grano deseable (Tabla 2) (Figura 1). Por lo que esta combinación debería considerarse en futuros programas de selección, ya que presenta una considerable variabilidad, al tratarse de cruzamientos entre distintas razas y da lugar a familias con buenos valores para el tamaño de grano.

Los cruzamientos entre los dos acervos mostraron una escasa mejora del tamaño de grano, y en algunos casos incluso una disminución de los valores parentales (Tabla 2). De los seis cruzamientos realizados entre los dos acervos sólo un cruzamiento mostró ganancia en el tamaño con respecto al valor medio de los parentales. Según los resultados obtenidos en este estudio, los alelos para tamaño de grano procedentes del acervo mesoamericano predominaron sobre los alelos andinos, formando parte en una mayor proporción de las líneas generadas. Así, los cruzamientos entre distintos acervos muestran de forma más significativa una mayor aportación de alelos para grano de menor tamaño, y

en algunos cruzamientos valores menores que ambos parentales.

Es conocido el mayor rendimiento de las variedades de grano pequeño de origen mesoamericano frente a las variedades de origen andino que se caracterizan por un grano de tamaño grande (Santalla *et al.*, 2005). Estos resultados corroboran estas afirmaciones, ya que a pesar de la selección practicada para un mayor tamaño, los alelos mesoamericanos se han “impuesto”, quizás por la mayor productividad y en definitiva, competitividad, característica de su acervo, a los alelos andinos.

Por lo que a pesar de las oportunidades que estos cruzamientos proporcionarían para incrementar los niveles de variación genética, se ha tenido poco éxito a la hora de conseguir líneas útiles procedentes de cruzamientos entre los dos acervos, sugiriendo que la excesiva distancia genética de los parentales es la causante de que los dos acervos no se hayan cruzado con éxito.

## [Bibliografía

Gepts, P. 1988. Phaseolin as an evolutionary marker. En: Gepts P. (ed.) Genetic resources of Phaseolus beans. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands. pp. 215-241.

MAPA. 2003. Anuario de estadística agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.

Santalla M., M. Lema, A.P. Rodiño, A.M. González, A.B. Monteagudo, A.M. De Ron. 2005. Improvement of large-seeded common bean cultivars under sustainable cropping system in Spain. *Euphytica* 142: 85-95.

Singh S.P., C. Caijiao, J.A. Gutiérrez, J. Garía, M.A. Pastor-Corrales, F.J. Morales. 1989. Selection for seed yield in inter-gene pool crosses of common bean. *Crop Sci* 29: 1126-1131.

Singh S.P., P. Gepts, D.G. Debouck. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Econ Bot* 45: 379-396.

Singh, S.P., C.A. Urrea. 1995. Inter- and intraracial hybridization and selection for seed yield in early generations of common bean, *Phaseolus vulgaris* L. *Euphytica* 81: 131-137.

Welsh W., W. Bushuk, W. Roca, S.P. Singh. 1995. Characterization of agronomic traits and markers of recombinant inbred lines from intra- and inter-racial population of *Phaseolus vulgaris* L. *Theor Appl Genet* 91: 169-177. •



**Los alelos mesoamericanos se han “impuesto” por la mayor productividad y competitividad a los alelos andinos**