

Criterios de selección para mejorar el rendimiento de grano en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)^{*1/}

C. V. PANIAGUA, A. M. PINCHINAT**

ABSTRACT

Heritability, genetic advance, and phenotypic and genotypic correlation coefficients calculated for grain yield and six characters associated with grain yield were taken as selection criteria to improve grain yield in two groups of dry beans.

From the results it appeared that grain yield in the bean lines studied could be improved by selecting for the highest number of pods/plant, number of grains/pod, and number of nodes/plant. In some cases selection on that basis would also imply selecting plants with the largest main stem diameter and longest pods. The selection for grain size would depend primarily on market preferences — The authors.

Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una fuente importante de proteína en la dieta humana. Sin embargo, debe mejorarse el rendimiento de grano de la planta para aumentar la producción y rentabilidad del cultivo.

Para establecer el método más apropiado que permita seleccionar variedades de frijol genéticamente superiores en rendimiento de grano es útil estimar la porción hereditable de la variación fenotípica asociada a ese carácter. La proporción de la variancia genética aditiva (Vg_2) en relación con la variancia fenotípica (Vf_2) frecuentemente se ha empleado para indicar la hereditabilidad (H) de un determinado carácter (11). Este índice H expresa la confiabilidad del valor fenotípico como reflejo del valor reproductivo del carácter (7). Con base en la magnitud de H , la amplitud de la variancia fenotípica de la población y la intensidad de selección, puede calcularse el grado de progreso genético (Δg) correspondiente alcanzable (2). El índice Δg estima la respuesta del carácter a la selección aplicada.

El mejoramiento del rendimiento de grano puede acelerarse seleccionándose los caracteres que guarden estrecha relación positiva con dicho rendimiento. Por eso, junto con la estimación de H y Δg , conviene también determinar los coeficientes de correlación fenotípica y genotípica tanto entre el rendimiento y los caracteres asociados al rendimiento (componentes del rendimiento) como dentro del grupo formado por los componentes mismos.

El trabajo cuyos resultados se analizan aquí se llevó a cabo para establecer algunos criterios de selección para mejorar el rendimiento de grano en dos grupos de líneas de frijol, con base en:

1. El índice de hereditabilidad del rendimiento de grano propio y del de seis componentes del rendimiento
2. El índice de progreso genético alcanzable en cada variable, y
3. El grado de correlación fenotípica y genotípica entre las siete variables estudiadas.

Materiales y métodos

Se formaron dos grupos de materiales, constando cada uno de dos líneas puras de frijol común. El primer grupo o experimento (E_1) incluyó las líneas de grano negro y el otro (E_2), las líneas de grano rojo.

* Recibido para la publicación el 5 de enero de 1976.

^{1/} Basado en la tesis de grado del primer autor, presentada como requisito parcial para el título de *Magister Scientiae* en la Escuela para Graduados del Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

** Respectivamente, exalumno graduado (ahora estudiante graduado Michigan State University, East Lansing Michigan), y genetista, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

En E₁, los progenitores fueron la línea NH-154 (P₁) proveniente de la variedad 'México 497' y la línea NH-401 (P₂), proveniente de la variedad 'S-184-N'. En E₂, los progenitores fueron la línea RH-20 (P₁), proveniente de la variedad '27-R' y la RH-228 (P₂), proveniente de la variedad 'Rojo de Seda'.

Los cruzamientos dentro de cada grupo se efectuaron en el invernadero de acuerdo con las técnicas sugeridas por Buishand (3), produciéndose las generaciones F₁ (P₁ x P₂), RC₁ (P₁ x F₁) y RC₂ (P₂ x F₁).

Parte de la semilla F₁ se volvió a sembrar en el invernadero para producir la generación F₂, por autofertilización. Finalmente las poblaciones P₁, P₂, F₁, RC₁, RC₂ y F₂ de cada grupo se sembraron en el campo (Alajuela, Costa Rica) en el verano del año 1973, bajo riego, en un diseño irrestrictamente al azar y surcos de 10 m de largo. Se dejó suficiente espacio entre surcos (70 cm) y plantas (20 cm) para facilitar la toma de datos. El número de semillas sembradas en el campo fue tanto como para permitir la obtención de tamaño de muestras acorde con las indicaciones de Weber y Moorthy (15).

Las siete variables se midieron sobre las plantas cultivadas en el campo, consideradas individualmente.

La hereditabilidad, en sentido estricto, se evaluó mediante el método factorial ilustrado por Warner (13) y Allard (2), según el cual:

$$H = [2 V^2F_2 - (V^2RC_1 + V^2RC_2)] (V^2F_2)^{-1} \quad [1]$$

donde V²F₂, V²RC₁ y V²RC₂ corresponden a la variancia fenotípica respectiva de las poblaciones F₂, RC₁ y RC₂. La significancia estadística de los valores de H se estimó por la prueba aproximada F' (designada prueba F'), según propuesta por Liang *et al.* (10).

El progreso genético se estimó según la ecuación indicada por Allard (2):

$$\Delta g = k VF^2 H \quad [2]$$

donde k corresponde a la intensidad de selección; VF₂, a la desviación típica fenotípica de la población F₂ y H, al índice de hereditabilidad. Se supuso una intensidad de selección del 5 por ciento, resultando en k = 2,06.

Para calcular los coeficientes de correlación fenotípica y genotípica en la F₂, se utilizaron las fórmulas propuestas por Weber y Moorthy (15), cambiando algunos símbolos de la fórmula original.

Resultados y discusión

La media y variancia fenotípica de los siete caracteres estudiados se presentan en el Cuadro 1 para E₁

Cuadro 1.—Media y variancia fenotípica de siete caracteres en E₁.^{1/}

Parámetro	Generación	Nº de plantas	Carácter ²						
			A	B	C	X	Y	Z	W
Media	P ₁	20	5,21	12,30	13,37	11,80	6,10	0,33	24,45
	P ₂	25	6,14	23,08	11,54	23,08	6,31	0,24	34,77
	F ₁	31	5,13	22,35	11,70	21,29	5,83	0,28	34,93
	RC ₁	45	5,23	17,67	11,07	16,22	4,64	0,29	21,60
	RC ₂	67	5,48	21,95	10,79	20,82	5,46	0,26	29,11
	F ₂	246	5,21	18,31	10,52	16,99	4,61	0,27	20,92
Variancia	P ₁	20	0,2984	11,1784	8,2432	14,2737	0,6105	0,0011	101,8177
	P ₂	25	0,3242	25,2433	3,9116	51,2433	0,5361	0,0006	122,5491
	F ₁	31	0,3175	32,1032	5,4800	44,6129	0,2786	0,0003	143,4064
	RC ₁	45	0,6497	84,0909	19,1185	56,5858	1,0939	0,0019	104,9326
	RC ₂	67	0,6348	51,9222	9,7913	61,1189	1,1582	0,0012	192,1170
	F ₂	246	0,9545	100,7792	22,2554	69,9550	1,8217	0,0022	178,1063

1/ Frijol de grano negro.

2/ Las letras tienen el siguiente significado:

- A — Diámetro del tallo (mm)
- B — Número de nudos/planta
- C — Longitud de vaina (cm)
- X — Número de vainas/planta

- Y — Número de granos/vaina.
- Z — Peso promedio de un grano (g)
- W — Rendimiento de grano/planta (g)

Cuadro 2.—Media y variancia fenotípica de siete caracteres en E₂.^{1/}

Parámetro	Generación	Nº de plantas	Carácter ²						
			A	B	C	X	Y	Z	W
Media	P ₁	20	5,31	12,35	9,67	13,80	3,80	0,37	19,54
	P ₂	22	4,22	17,14	8,90	12,68	4,62	0,27	15,54
	F ₁	18	5,02	19,44	8,58	16,72	4,30	0,30	21,57
	RC ₁	31	5,09	17,84	8,32	14,29	3,43	0,31	15,28
	RC ₂	27	4,33	16,59	7,85	11,78	3,49	0,25	10,66
	F ₂	284	4,91	19,96	7,75	13,34	3,07	0,28	11,99
Variancia	P ₁	20	0,1862	6,5558	6,1063	8,9053	1,1916	0,0004	28,6798
	P ₂	22	0,1349	36,5043	2,5714	20,6082	0,2647	0,0003	29,6599
	F ₁	18	0,2921	25,0850	2,4065	19,6242	0,1629	0,0003	30,7666
	RC ₁	31	1,1427	147,5398	7,0273	54,9462	0,5223	0,0016	75,8960
	RC ₂	27	0,3671	38,9430	6,8336	20,4872	0,6167	0,0014	35,3080
	F ₂	284	0,9378	136,2564	9,4913	47,6957	0,8952	0,0026	65,3110

1/ Frijol de grano rojo

2/ El significado de las letras figura en el Cuadro 1

(frijol de grano negro) y en el Cuadro 2, para E₂ (frijol de grano rojo).

En E₁, las medias parentales (P₁ y P₂) más contrastantes fueron las correspondientes al número de vainas/planta (X), el número de nudos/planta (B) y el rendimiento de grano/planta (W); en E₂, fueron las correspondientes a B, al peso de grano individual (Z),

al diámetro del tallo (A) y a W. En general, el contraste entre medias parentales fue más marcado en E₁ que en E₂, lo cual se originó de la composición misma de los dos grupos de líneas de frijol.

Tanto en E₁ como en E₂ las variancias fenotípicas F₂ mayores se registraron para B, X y W y las menores para A, Y (número de granos/vaina) y Z. Una am-

Cuadro 3.—Índice de hereditabilidad y progreso genético de siete caracteres en la F₂ de dos grupos de líneas de frijol.^{1/}

Índice (%) ²	Grupo	Caracteres ³						
		A	B	C	X	Y	Z	W
H	E ₁ (Negro)	65,43**	65,04**	69,80**	31,74	76,37**	63,62*	25,39
	E ₂ (Rojo)	38,79	63,13	52,91	41,94	72,79*	80,77**	29,73
Δg	E ₁ (Negro)	25,19	73,46	64,45	32,25	51,84	22,22	33,36
	E ₂ (Rojo)	15,68	75,65	43,35	44,53	45,93	28,57	41,28

1/ Cada grupo (E₁ o E₂) incluye a dos líneas de frijol2/ H = hereditabilidad; Δg = esperanza de progreso genético (en 8% de la media F₂)

3/ El significado de las letras figura en el Cuadro 1

* Significativo al nivel P < 0.05

** Significativo al nivel P < 0.01

Cuadro 4—Coeficientes de correlaciones fenotípicas y genotípicas de siete caracteres de frijol negro ^{1/}

Carácter ²	Correlación ³	Carácter ²					
		A	B	C	X	Y	Z
B	F	0,65**	—	—	—	—	—
	G	0,29**	—	—	—	—	—
C	F	0,20**	0,26**	—	—	—	—
	G	0,21**	0,25**	—	—	—	—
X	F	0,69**	0,69**	0,08	—	—	—
	G	0,51**	0,73**	0,00	—	—	—
Y	F	0,16*	0,24**	0,71**	0,08	—	—
	G	0,19**	0,27**	0,74**	0,11	—	—
Z	F	—0,05	—0,08	0,10	—0,05	0,15	—
	G	—0,06	0,09	—0,14	0,07	0,14	—
W	F	0,59**	0,66**	0,42**	0,82**	0,51**	0,11
	G	0,68**	0,75**	0,40**	0,75**	0,70**	0,02

1/ Grupo E₁ incluyendo a dos líneas de frijol y seis generaciones (P₁, P₂, F₁, RC₁, RC₂ y F₂)

2/ El significado de las letras figura en el Cuadro 1

3/ F — Coeficiente de correlación fenotípica.

G — Coeficiente de correlación genotípica

* Significativo al nivel $P < 0,05$

** Altamente significativo ($P < 0,01$).

plia variación fenotípica cuando es fiel reflejo de una correspondiente diversidad genética, augura una selección efectiva y eficiente.

Estas apreciaciones, junto con la presentación de los valores de media y variancia fenotípica de las generaciones F₁, RC₁ y RC₂ en el Cuadro 1 y el Cuadro 2, ayudan a interpretar los índices de hereditabilidad y de progreso genético.

En el Cuadro 3 se presentan los índices de H y Δg estimados para los siete caracteres estudiados en E₁ y E₂.

En E₁, sólo los valores H correspondientes a X y W no alcanzaron la significancia estadística; en E₂, sólo los valores H correspondientes a Z e Y la alcanzaron. Tanto en E₁ como en E₂, el valor H correspondiente a W fue menor que el correspondiente a los componentes primarios de ese carácter (X, Y y Z). Tal resultado concuerda con lo obtenido en otros estudios con frijol (5) y con soya (8, 9). La baja hereditabilidad de W se explica por la fuerte influencia del ambiente sobre este carácter. Aparte de consideraciones estadísticas, fueron satisfactoriamente altos los índices H de Y, Z, B y C (longitud de vaina) en E₁ y E₂ y de A en E₁.

El mayor progreso genético correspondió a B tanto en E₁ como en E₂. En promedio, para ambos grupos, los índices Δg inmediatamente superiores correspondieron a C e Y y los más bajos a A y Z. Las limitadas variancias fenotípicas en A y Z (Cuadro 1 y Cuadro 2) aparentemente no pudieron ser compensadas por los valores H correspondientes para resultar en índices Δg mayores.

En el Cuadro 4 figuran los coeficientes de correlación fenotípica y genotípica entre los caracteres estudiados en E₁ y en el Cuadro 5, lo correspondiente a E₂.

El carácter W, tanto fenotípica como genotípicamente, tuvo correlaciones positivas y altamente significativas con todos los demás caracteres en ambos grupos de líneas, salvo con Z en E₁ (Cuadro 4); en este caso la correlación WZ, tanto fenotípica como genotípica, fue positiva pero no alcanzó la significancia estadística. La más alta correlación entre W y los componentes en ambos grupos de líneas, fue WX, tanto fenotípica como genotípicamente. También, tanto en E₁ como en E₂, fueron apreciables los índices de correlación, particularmente genotípica, WB y WY. Además, merece destacarse la correlación fenotípica y genotípica, relativa-

Cuadro 5—Coeficientes de correlaciones fenotípicas y genotípicas de siete caracteres de frijol rojo ^{1/}

Carácter ²	Correlación ³	Carácter ²					
		A	B	C	X	Y	Z
B	F	0,62**	—	—	—	—	—
	G	0,65**	—	—	—	—	—
C	F	0,14*	0,13	—	—	—	—
	G	0,10	0,15*	—	—	—	—
X	F	0,46**	0,34**	0,17*	—	—	—
	G	0,43**	0,25**	0,17*	—	—	—
Y	F	-0,10	-0,21**	0,60**	0,21**	—	—
	G	0,12	0,22**	0,58**	-0,28**	—	—
Z	F	0,00	-0,02	0,24**	-0,01	-0,01	—
	G	0,00	0,00	0,30**	-0,01	0,00	—
W	F	0,31**	0,19**	0,45**	0,83**	0,57**	0,22**
	G	0,22**	0,72**	0,45**	0,81**	0,70**	0,25**

1/ Grupo E₂, incluyendo a dos líneas de frijol y seis generaciones (P₁, P₂, F₁, RC₁, RC₂ y F₂).

2/ El significado de las letras figura en el Cuadro 1.

3/ F — Coeficiente de correlación fenotípica.

G — Coeficiente de correlación genotípica.

* Significativo al nivel $P < 0,05$.

** Altamente significativo ($P < 0,01$).

mente alta, entre W y A en E₂ (Cuadro 4). Las correlaciones fenotípicas o genotípicas de menor cuantía, en E₁ o E₂, fueron aquellas entre W y Z. Esas relaciones del rendimiento de grano con los demás caracteres concuerdan, en gran parte, con observaciones de Pinchinat y Adams (12), Coyne (4) y Duarte y Adams (6) en frijol y con las de Weatherspoon (14) y Woodworth (16) en soya.

Dentro del grupo de componentes las únicas correlaciones negativas fenotípicas o genotípicas, se observaron para algunos casos de Z en E₁ (Cuadro 4) y de Y y Z en E₂ (Cuadro 5). Pero todas las correlaciones negativas, fueron prácticamente de poca magnitud, lo cual favorece la selección con base en los componentes del rendimiento. En ambos grupos de líneas, C e Y mostraron una correlación fenotípica y genotípica relativamente alta. Las correlaciones AB, AX y BX fueron también apreciables en ciertos casos.

Considerándose conjuntamente los índices de heredabilidad, progreso genético y correlaciones, resulta aparente que el rendimiento de grano en los grupos de frijol estudiados podría mejorarse, por selección de los

mayores: 1) número de vainas/planta, 2) número de granos/vaina y 3) número de nudos/planta. La selección de esos componentes podría implicar en ciertos casos la de plantas con también los mayores diámetros del tallo y longitud de vaina. La selección que reúna todos esos atributos concordaría en gran parte con el ideotipo básico de la planta de frijol concebido por Adams (1). El tamaño de grano deberá seleccionarse de acuerdo con las preferencias del mercado. Estos criterios, desde luego, no invalidan la necesidad de que la selección final se base en la capacidad de la variedad mejorada de frijol a ajustarse a los sistemas de producción en la zona anticipada.

Literatura citada

- ADAMS, M. W. Plant architecture and physiological efficiency in the field bean. In Potentials of field beans and other food legumes in Latin America. Seminar. Series Seminars N° 2E. Cali (Colombia). 1973. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 266-278.

- 2 ALLARD, R. W. Principios de la mejora genética de las plantas Traducción del inglés por J. L. Montoya. Barcelona, Omega 1967 pp 88-121
- 3 BUIHAND, I. J. The crossing of bean (*Phaseolus spp*). Euphytica 5:41-50. 1956
- 4 COYNE, D. P. Correlation, heritability and selection of yield components in field beans, *Phaseolus vulgaris* L. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 93:388-396. 1968.
- 5 DENIS, J. C. Estimación de la hereditabilidad del rendimiento y sus componentes primarios en el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), correlaciones genotípicas y fenotípicas entre estos caracteres Tesis Mag Sci Turrialba, Costa Rica, IICA, 1967. 46 p.
- 6 DUARTE, R. A. y ADAMS, M. W. A path coefficient analysis of some yield components interrelation in field beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Crop Science 12:579-582. 1972.
- 7 FALCONER, D. S. Introducción a la genética cuantitativa Traducción del inglés por F. Márquez Sánchez 2a ed. México, Continental, 1970 pp. 167-168
- 8 GOPANI, D. D. y KABARIA, M. M. Correlation of yield with agronomic characters and their heritability in soybean (*Glycine max* L.). Indian Journal of Agricultural Science 40:847-853. 1970.
- 9 JOHNSON, H. W., ROBINSON, H. F. y COMSTOCK, R. E. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans Agronomy Journal 47:314-318. 1955
- 10 LIANG, G. H., REDDY, C. R. y DAYTON, A. D. Heterosis, inbreeding depression, and heritability estimates in a systematic series of a grain sorghum genotypes Crop Science 12:409-411. 1972.
- 11 LUSH, J. L. Animal breeding plans 3rd ed Ames, Iowa State College Press, 1945 pp 90-114
- 12 PINCHINAT, A. M. y ADAMS, M. W. Yield components in beans, as affected by intercrossing and neutron irradiation Turrialba 16:247-252. 1966
- 13 WARNER, J. N. A method for estimating heritability. Agronomy Journal 44:427-430. 1952
- 14 WEATHERSPOON, J. H. y WENTZ, J. B. A statistical analysis of yield factors in soybeans. Journal of the American Society of Agronomy 26:524-531. 1934.
- 15 WEBER, C. R. y MOORTHY, B. R. Heritable and nonheritable relationships and variability of oil content and agronomic characters in the F₂ generation of soybean crosses Agronomy Journal 44:202-209. 1952
- 16 WOODWORTH, C. M. Genetics of the soybean Journal of the American Society of Agronomy 25:36-51. 1933.