

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Variabilidad y relaciones fenotípicas en variables morfoagronómicas en genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Variability and phenotypic relationships in morphoagronomic variables in bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.)

Elio Lescay Batista, Yadira Vázquez Ramírez y Fernando Celeiro Rodríguez

Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov". Carretera Bayamo a Manzanillo km 16½, Gaveta Postal 2140, Bayamo, Granma, Cuba, CP 85 100

E-mail: elescay@dimitrov.cu

RESUMEN

Se realizaron dos experimentos en los meses de noviembre a febrero, durante los años 2009-2010 y 2010-2011, en la provincia Granma, Cuba, para determinar la variabilidad y las relaciones existentes entre las variables morfoagronómicas evaluadas. Se sembraron 19 genotipos de frijol negro en parcelas de 7 m² en un diseño de bloques al azar con tres réplicas. La distancia de siembra fue de 0,70 m entre surcos y 0,05 m entre planta. Se evaluaron dieciséis variables y los datos se procesaron mediante estadística descriptiva y de un análisis de correlaciones simples. Los resultados mostraron una fuerte correlación positiva entre los pares de variables rendimiento – peso de semillas por planta ($r= 0,99$) y número de semillas por planta – número de vaina por planta ($r=0,94$). Las variables, número de hojas por planta, altura de la planta, número de vainas por planta, número de semillas por planta, peso de semillas por planta, longitud de la semilla y el rendimiento de grano presentaron alta variabilidad, las cuales pueden ser útiles para ser usadas en programas de mejoramiento en esta especie.

Palabras clave: características morfológicas, correlaciones, frijol común, variabilidad

ABSTRACT

During the months of November to February of the periods 2009-2010 and 2010-2011, two experiments in the Granma province, Cuba, were carried out in order to evaluate the variability and relations between the variables morphoagronomy evaluated. Nineteen genotypes of black bean in parcels of 7 m² in a design of blocks at random with three replications were seeded. The planting distances were 0.70 m between furrows and 0.05 m between plants. Sixteen variables were evaluated and the data were processed by means of descriptive statistic and simple correlations. The results showed strong positive correlations between the pairs of variables: yield-weight of seeds for plant ($r = 0.99$) and number of seeds for plant - number of pod for plant ($r= 0.94$). The variables number of leaves for plant, height of the plant, number of pods for plant, number of seeds for plant, weight of seeds for plant, longitude of the seed and grain yield presented high variability, which can be useful for being used in programs of improvement in this species.

Keywords: morphologies characteristic, correlations, common bean, variability

INTRODUCCIÓN

En Cuba, el frijol forma parte importante de la dieta de la población, el consumo per cápita anual es de aproximadamente 10,22 kg (ONE, 2008). Anualmente se siembran alrededor de 38 000 ha de frijol con una producción total vendida al estado de 9 000 t. Las importaciones de grano superan las 60 000 t para poder satisfacer la demanda de la población (Rosabal *et al.*, 2013).

En la provincia Granma, los rendimientos que se obtienen no sobrepasan las 0,8 t ha⁻¹ del grano, debido a que existen limitantes tales como falta de áreas destinadas al cultivo, bajo nivel de adopción y transferencia tecnológica, poca disponibilidad de semillas de calidad para el área total sembrada, manejo ineficiente de la cosecha y poscosecha (Hernández, 2006) y baja disponibilidad de variedades adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de esta región (Minagri, 2010).

Lo anterior exige una proyección estratégica que permita alcanzar la siembra de 135 964 ha y obtener una producción de 190 350 t, con un rendimiento de 1,4 t ha⁻¹, lo que significa un gran reto para la economía del país (Benítez, 2011).

En Cuba es importante incluir en los objetivos de los programas de mejora genética, la obtención de variedades de frijol con tolerancia a factores bióticos y abióticos, siendo el recurso genético de partida la variabilidad genética disponible en las colecciones conservadas *ex situ* (Gómez *et al.*, 2000).

Para hacer un mejor uso de los recursos fitogenéticos es importante comprender la variabilidad genética a través de estudios de caracterización. La caracterización y evaluación, también pueden servir de ayuda en la identificación del germoplasma con posibilidades de mejoramiento ulterior por parte de los fitomejoradores y de los agricultores, así como de una utilización directa para la producción y comercialización por los productores (FAO, 2011).

Generalmente, los programas de mejoramiento genético tienen como finalidad obtener cultivares apropiados para un conjunto de caracteres; por eso, el conocimiento de la naturaleza y magnitud de las correlaciones entre caracteres de interés es de fundamental importancia (Ferreira *et al.*, 2003).

Las relaciones son, en general, evaluadas por medio de correlaciones genotípicas, fenotípicas y ambientales. Las correlaciones fenotípicas

son estimadas directamente de las medidas fenotípicas, las cuales son el resultado conjunto de causas genéticas y ambientales (Shrivastava *et al.*, 1999).

El germoplasma objeto de estudio, no ha sido caracterizado ni evaluado en las condiciones edafoclimáticas de la provincia Granma, por ello los resultados obtenidos pueden ser útiles en futuros programas de mejoramiento genético de esta especie en la región y contribuir al desarrollo de este cultivo en el territorio. Por ello el objetivo del presente trabajo fue realizar una caracterización morfoagronómica y determinar la variabilidad en 19 genotipos de frijol de grano negro de hábito indeterminado arbustivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”, en la provincia Granma, Cuba, durante los meses de noviembre a febrero, en los ciclos agrícolas 2009-2010 y 2010-2011 sobre un suelo vertisol. Se evaluaron 19 genotipos de frijol de grano negro y hábito de crecimiento indeterminado de los tipos II y III (Tabla 1).

La preparación del suelo se realizó con tracción animal de la forma tradicional. La fertilización fue con estiércol ovino en el fondo del surco, antes de la siembra, a razón de 5 t ha⁻¹.

Las siembras se efectuaron en la segunda quincena de noviembre de cada periodo, en un marco de siembra de 0,70 m entre surcos y 0,05 m entre plantas, en parcelas de 7 m² usando un diseño de bloques al azar con tres réplicas. Se desecharon 0,5 m en los extremos de los surcos para evitar el efecto de bordes.

Debido a lo errático de la precipitación pluvial durante los periodos de siembra (Tabla 2), fue necesario aplicar cuatro riegos: en el momento de la siembra, después de la germinación, en la floración y en el llenado de las vainas. El control de malezas se realizó de forma manual con azada. La incidencia de plagas y enfermedades fue muy baja, por lo que no hubo necesidad de aplicar productos químicos.

Se registraron 16 variables, incluyendo el rendimiento de grano. En todos los casos se midieron 10 unidades (plantas, hojas, vainas, semillas) por parcela, tomadas al azar dentro del área de cálculo.

Tabla 1. Relación de los genotipos de frijol negro incluidas en el estudio de variabilidad y relaciones morfoagronómicas

Nº	Genotipo	Origen	HC	Nº	Genotipo	Origen	HC
1	Holguín 30-16	Cuba	II	11	Cuba C-25-9 N	Cuba	III
2	Cuba C-25-9 R	Cuba	III	12	Bolita 51	Cuba	II
3	Bolita 41	Cuba	II	13	Puerto Rico	Cuba	II
4	Bolita 39	Cuba	II	14	Holguín 20-V-L	Cuba	II
5	Bolita 55	Cuba	II	15	UM-J-48	Cuba	II
6	Común	Cuba	II	16	Holguín 8	Cuba	II
7	UM-J-132	Cuba	II	17	Holguín 3	Cuba	II
8	Bolita 42	Cuba	II	18	México	Cuba	II
9	Criollo Negro	Cuba	II	19	Black Turtte	-	II
10	ICA Pijao	Colombia	II				

HC: hábito de crecimiento, II: indeterminado arbustivo, III: indeterminado postrado

Tabla 2. Comportamiento de algunos elementos climáticos durante el periodo experimental

Factores	Periodo 2009 - 2010				Periodo 2010 - 2011			
	Nov.	Dic.	Enero	Feb.	Nov.	Dic.	Enero	Feb.
T (°C)	25,8	24,9	22,9	23,5	23,0	21,0	23,1	23,8
HR (%)	80	79	75	74	80	77	78	71
P (mm)	8,0	20,8	30,3	18,1	1,0	8,1	7,7	2,5

T: temperatura media, HR: humedad relativa, P: precipitaciones

Nov.: noviembre, Dic.: diciembre, Feb.: febrero

Para la medición de las variables lineales se utilizó una cinta métrica o un pie de rey, según el caso. Para la medición de las variables de masa se utilizó una balanza técnica de 1 kg.

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Altura de la planta (cm): Se midió desde la superficie del suelo hasta la yema terminal
- Diámetro del tallo (cm): Se midió a una distancia de 10 centímetros de la superficie del suelo
- Número de ramas primarias por planta
- Número de hojas por planta después de la floración
- Longitud del foliolo central (cm): Se midió desde el ápice a la base del foliolo
- Ancho del foliolo central (cm): Se midió en la parte más ancha del foliolo
- Número de vaina por planta
- Longitud de la vaina (cm): Se midió desde la base hasta el extremo apical
- Grosor de la vaina (cm): Se midió el espacio ocupado por las dos valvas en la parte central de la legumbre
- Ancho de la vaina (cm): Se midió en el sentido dorso ventral de la legumbre
- Número de semillas por planta
- Longitud de la semilla (cm): Se midió la distancia entre los dos extremos

longitudinales de la semilla

- Grosor de la semilla (cm): Se midió la distancia transversal de la semilla por su parte central
- Ancho de la semilla (cm): Se midió la distancia dorso ventral por la parte central de la semilla
- Peso de las semillas por planta (g): Se pesó la semilla producida por cada planta individual de la muestra
- Rendimiento de grano (t ha⁻¹): El rendimiento se calculó sobre la base del peso de las semillas en el área de cálculo de cada parcela

Las primeras seis variables se evaluaron después de la floración y el resto después de la cosecha. Los datos obtenidos se procesaron mediante el paquete estadístico "Statistic" (Stat Soft, 2009). Se realizó un análisis de correlaciones simples para conocer la relación existente entre las variables evaluadas y se estimaron los estadísticos simples a partir de los promedios de las tres réplicas de cada variedad en los dos experimentos, según la metodología de Di Rienzo *et al.* (2005), donde:

- Rango (r) = diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de cada muestra

- Desviación standart (SD)= Raíz cuadrada de la varianza
- Coeficiente de variación (CV)= SD/media por 100

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

White y Sponchiado (1985) señalaron que el cultivo del frijol crece bien en temperaturas promedio entre 15 y 27 °C. Durante la investigación los valores de temperatura registrados oscilaron entre 21,0 y 25,8 °C (Tabla 2), los cuales fueron favorables al cultivo, sobre la base del criterio de los autores mencionados anteriormente. Los valores de precipitación promedio de forma general fueron bajos, sin embargo, su influencia no fue significativa porque se garantizó el riego en las etapas críticas del cultivo.

Según Reyes (2004) cuando el valor del coeficiente de variación es superior al 20 %, se considera que el carácter en estudio es muy variable. Sobre la base de dicho criterio, se aprecia que las variables número de hojas por planta, altura de la planta, número de vainas por planta, número de semillas por planta, peso de semillas por planta, longitud de la semilla y el rendimiento de grano presentaron alta variabilidad (Tabla 3). Esto indica que en estas variables los genotipos mostraron respuestas diferentes a las condiciones edafoclimáticas imperante durante el desarrollo de la experiencia.

La amplia variabilidad en el rendimiento de granos, es un indicador del potencial existente en el material genético evaluado. Por otra parte, la variabilidad descrita puede ser útil en los procesos de la selección de dichos caracteres.

Las variables número de ramas primarias por planta, longitud de la hoja, ancho de la hoja, diámetro del tallo, longitud, ancho y grueso de la vaina, así como el ancho y grueso de la semilla, se consideran de baja variabilidad. Dichas variables mostraron mayor uniformidad, ya que las diferencias entre los valores máximos y mínimos de las muestras evaluadas fueron bajas.

También se observa que las variables número de vainas por planta, longitud y ancho de las semillas expresaron valores de 17,7, 0,81 y 0,59 cm respectivamente, los cuales no coinciden con los registrados por Boudet *et al.* (2015) que señalaron promedios de 26,1, 0,28 cm y 0,24 cm.

Se conoce además, que la variabilidad existente entre los individuos de una especie o entre especies, se debe a factores genéticos y ambientales (FAO, 2009).

La altura de la planta y el diámetro del tallo, mostraron coeficientes de variación similares a los referidos por Hernández y Valladares (2012), quienes en la evaluación del desarrollo vegetativo de 19 cultivares en Venezuela, señalaron valores de 17,0 y 28,7 %, respectivamente. No así, en el número de ramas primarias donde ellos refieren un coeficiente de 32,8 %.

Tabla 3. Variables morfoagronómicas y estadígrafos simples en variedades de frijol negro en la provincia Granma, Cuba

Variables	N	Media	Rango	DS	CV
NRPP	114	2,98	3,00	0,08	2,68
NHP	114	23,48	29,00	6,11	26,02
LH	114	8,21	6,00	0,89	10,84
AH	114	6,71	3,9	0,72	10,73
AP	114	42,74	66,00	11,14	26,06
DT	114	0,46	0,41	0,08	17,39
NVP	114	17,67	39,00	7,77	43,97
LV	114	8,12	4,80	1,01	12,44
AV	114	0,72	0,48	0,09	12,50
GV	114	0,66	0,33	0,07	10,61
NSP	114	66,75	156,00	34,41	51,55
PSP	114	6,71	9,90	2,65	39,49
LS	114	0,81	0,94	0,24	29,63
AS	114	0,59	0,44	0,06	10,17
GS	114	0,43	35,00	0,06	13,95
R	114	1,38	2,02	0,54	39,13

N: tamaño de la muestra, NRPP: número de ramas primarias por planta, NHP: número de hojas por planta, LH: longitud de la hoja, AH: ancho de la hoja, AP: altura de las plantas, DT: diámetro del tallo, NVP número de vainas por planta, LV: longitud de la vaina, AV: ancho de la vaina, GV: grosor de la vaina, NSP: número de semillas por planta, PSP: peso de semillas por planta, LS: longitud de la semilla, AS: ancho de la semilla, GS: grosor de la semilla, R: rendimiento de grano, DS: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

La matriz de correlaciones mostró que el 25,8% de los coeficientes fueron estadísticamente significativos, lo cual implica una alta asociación entre las características evaluadas (Tabla 4). Las correlaciones más altas correspondieron a los pares de variables rendimiento – peso de semillas por planta y número de semillas por planta – número de vaina por planta ($r= 0,99$ y $r=0,94$, respectivamente).

También se destacaron la relación entre los caracteres número de vainas por planta – diámetro del tallo y número de semillas por planta – diámetro del tallo, con valores de $r= 0,75$ y $r= 0,69$, respectivamente.

Los otros coeficientes que más se destacaron fueron los del número de ramas primarias por planta con el diámetro del tallo, número de vainas por planta y número de semillas por planta ($r= 0,51$, $r= 0,59$ y $r= 0,58$, respectivamente). Además, se observa una correlación positiva entre la longitud y ancho de las hojas con un valor de $r= 0,51$.

La relación existente entre el rendimiento de grano y el peso de semillas por planta, coincide con los obtenidos por González *et al.* (2008) quienes señalaron a esta variable entre los principales componentes del rendimiento. Sin embargo, no tiene correspondencia con los resultados obtenidos por Morales *et al.* (2008), quienes en un estudio de variedades de frijol, señalaron las correlaciones más significativas

en las variables “número de vainas” y “número de semillas” por planta con el rendimiento. Las variables que muestran alta correlación con el rendimiento, son muy importante para los fitomejoradores, pues al ser utilizadas como criterios de selección pueden acelerar el progreso del mejoramiento.

CONCLUSIONES

Se encontró alta variabilidad en las variables número de hojas por planta, altura de la planta, número de vainas por planta, número de semillas por planta, peso de semillas por planta, longitud de la semilla y el rendimiento de granos; mientras que las variables número de ramas primarias por planta; longitud y ancho de la hoja; diámetro del tallo; longitud, ancho y grosor de la vaina; y ancho y grosor de la semilla mostraron baja variabilidad.

Las correlaciones más altas correspondieron a los pares de variables rendimiento – peso de semillas por planta y número de semillas por planta – número de vaina por planta con coeficientes de 0,99 y 0,94, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

- BENÍTEZ, R. 2011. Nuevas variedades de frijol común para la producción comercial

Tabla 4. Matriz de correlaciones simples entre variables morfoagronómicas en variedades de frijol negro

Variables	NRPP	NHP	LH	AH	AP	DT	NVP	LV	AV	GV	NSP	PSP	LS	AS	GS
NRPP	1,00														
NHP	0,36*	1,00													
LH	0,10	0,23*	1,00												
AH	-0,08	-0,01	0,51*	1,00											
AP	0,12	0,11	0,02	-0,15	1,00										
DT	0,51*	0,11	-0,11	-0,08	0,13	1,00									
NVP	0,59*	0,09	-0,01	-0,01	0,16	0,75*	1,00								
LV	0,07	0,02	0,10	0,07	-0,01	0,24*	0,26*	1,00							
AV	0,11	0,17	-0,04	0,01	-0,06	-0,07	-0,03	-0,05	1,00						
GV	0,31*	0,35*	-0,01	-0,19	-0,06	0,17	0,12	-0,01	0,28*	1,00					
NSP	0,58*	0,17	0,12	0,06	0,18	0,69*	0,94*	0,26*	-0,01	0,08	1,00				
PSP	-0,06	0,06	-0,01	-0,15	0,02	-0,20*	-0,23*	-0,04	-0,10	0,08	-0,23*	1,00			
LS	0,14	0,35*	-0,06	-0,21*	0,10	0,18	0,07	0,14	0,06	0,27*	0,04	-0,22	1,00		
AS	0,20*	-0,01	-0,13	-0,02	-0,02	0,06	0,03	-0,01	-0,06	0,22*	-0,06	0,16	0,02	1,00	
GS	-0,04	-0,19	-0,32*	-0,29*	-0,34*	-0,09	-0,15	-0,25*	0,10	0,22*	-0,21*	-0,12	-0,07	0,12	1,00
R	-0,04	0,06	-0,01	-0,16	0,04	-0,19	-0,21	-0,04	-0,09	0,10	-0,22*	0,99*	-0,20*	0,17	-0,10

NRPP: número de ramas primarias por planta, NHP: número de hojas por planta, LH: longitud de la hoja, AH: ancho de la hoja, AP: altura de las plantas, DT: diámetro del tallo, NVP número de vainas por planta, LV: longitud de la vaina, AV: ancho de la vaina, GV: grosor de la vaina, NSP: número de semillas por planta, PSP: peso de semillas por planta, LS: longitud de la semilla, AS: ancho de la semilla, GS: grosor de la semilla, R: rendimiento de grano

- en Cuba. Libro Resumen. 5to Encuentro Internacional de Arroz. En: Ier Simposio de Granos, Palacio de Convenciones de la Habana, del 6 al 11 de junio, p. 109 -110.
- BOUDET, A., T. BOICET y R. ODUARDO. 2015. Rendimiento y sus componentes en variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Centro Agrícola*, 42 (3): 61-68.
- DI RIENZO, J. A., F. CASANOVES, L. A. GONZÁLEZ, E. M. TABLADA, M. DIAZ, C. W. ROBLEDO y M. G. BALZARINI. 2005. Estadística para las Ciencias Agropecuarias. Sexta Edición. Córdoba, Argentina. 367 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2009. Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. Editorial Océano. Barcelona, 1048 p.
- FAO. 2011. Segundo plan de acción mundial para los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Consejo de la FAO, Roma, Italia. 108 p.
- FERREIRA, M. A., M. A. QUIROZ, L. T. BRAZ e R. VENCOSKY. 2003. Correlaciones fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre dez caracteres de melancia e suas implicacoes para o melhoramento genético. *Horticultura Brasileira*, 21(3):170-175.
- GONZÁLEZ, G., F. M. MENDOZA, J. COVARRUBIAS, N. MORÁN, y J. A. ACOSTA. 2008. Rendimiento y calidad de semilla de frijol en dos épocas de siembra en la región del bajío. *Agric. Téc. Méx*, 34 (4): 421-430.
- HERNÁNDEZ, M. J. y N. E. VALLADARES. 2012. Evaluación del desarrollo vegetativo de 19 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivados en Santa Bárbara, estado Monagas, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12 (3): 522-529.
- HERNÁNDEZ, A., J. M. PÉREZ, D. BOSCH y L. RIVERO. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos, Agroinform, 64 p.
- HERNÁNDEZ, G. B. FAURE, V. TOSCANO, N. MÉNDEZ y M. SÁNCHEZ. 2006. Absorción de macro y micronutrientes en 20 genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). IV Jornada Científica del Instituto de Suelos y II Taller Nacional sobre Desertificación. Resúmenes. La Habana. p. 132.
- LONDOÑO, J. M. 2011. Estructura poblacional y diversidad genética de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en 202 genotipos por medio de ssr fluorescentes. Tesis de grado. Universidad del Quindío, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías Armenia (Colombia), 93 p.
- MINAGRI. 2010. Situación actual de los cultivos varios en Granma. Informe de balance de los resultados del año. Delegación provincial del Ministerio de la Agricultura en Granma, Bayamo, 5 p.
- MORALES, E. J., J. A. S ESCALANTE y J. A. LÓPEZ. 2008. Crecimiento, índice de cosecha y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y asociado con girasol (*Helianthus annuus* L.). *Rev. Universidad y Ciencia*, 24 (1): 1-10.
- ONE. 2008. Siembra y Superficie Existente Sembrada de Frijol. Oficina Nacional de Estadística. La Habana, p. 1- 21.
- PALMA, J. 2008. Determinación de la calidad de semilla de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) producidas de manera artesanal por pequeños productores de la localidad de Rio Chiquito, municipio Piar, estado Monagas. Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad de Oriente. Maturín, Venezuela, 48 p.
- REYES, P. 2004. Bioestadística Aplicada. Editorial Trillas. México. 38 p.
- RODRÍGUEZ, O., O. CHAVECO, R. ORTIZ, M. PONCE, H. RÍOS, S. MIRANDA, O. DÍAZ, et al. 2009. Líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequía. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 13 (38): 17 – 26.
- ROSABAL, L., L. MARTÍNEZ, Y. REYES y M. ÁLVAREZ. 2013. Resultados preliminares del efecto de la aplicación de Biobras-16 en

- el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 34 (3): 25-32.
- SHRIVASTAVA, R. K., B. K. VERENA, A. K. MEHTA and S. K. DWIVEDI. 1999. Correlation and multiple regression analysis of physiological parameters in onion (*Allium cepa*, L.). *Vegetable Science*, 26 (2):170-171.
- STAT Soft, Inc. 2009. STATISTICA for Windows [computer program manual]. Release 8.0. User's guide. Tulsa, U. S. A.
- WHITE, J. y N. SPONCHIADO. 1985. Tolerancia del frijol a la sequía. Interrogantes y algunas respuestas. *Hojas de Frijol*, 7 (1): 26.
-

Recibido el 15 de abril de 2016 y aceptado el 27 de septiembre de 2017