

Diversidad morfológica de 102 accesiones de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en un programa de premejoramiento genético

Ada Medina^{1*}, Catalina, Ramis¹, Carlos Hamon¹, José Manosalva, Rosana Figueroa¹,
Margaret Gutiérrez², Rosalía Velásquez¹

¹Facultad de Agronomía. Maracay. Universidad Central de Venezuela. Apto postal 4579. Maracay 2101. Aragua, Venezuela

²Instituto de Investigaciones Agrícolas - Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP). Aragua, Venezuela

RESUMEN

Con base a variables morfológicas cuantitativas se realizó un estudio de diversidad en distintos tipos de cultivares de caraota, con el fin de identificar parentales con características favorables. Según análisis de componentes principales (CP), el CP1 (35%) mostró que días a floración y número de vainas por planta contribuyeron de forma positiva; mientras que peso de 100 semillas y días a emergencia, de forma negativa, revelando que semillas de mayor tamaño se presentaron en plantas con menor número de vainas. El CP2 (23%) permitió separar las accesiones por peso total de semillas en 10 plantas, y en el CP 3 (14%) se destacaron las vainas con mayor longitud, cantidad y contenido de semillas. Los cultivares locales se distribuyeron en todos los cuadrantes, indicando gran diversidad en número de vainas por planta, tamaño y peso de semilla, y días a emergencia y floración. Las semidomesticadas se distribuyeron en los cuadrantes inferiores, con menor peso de semillas y longitud de vainas, cuyas diferencias en tamaño se atribuyeron a su centro de domesticación. Las líneas avanzadas presentaron mayores valores en sus componentes de rendimiento en comparación con las comerciales, evidenciando que los programas de mejoramiento incluyen estos factores en sus procesos de selección. Por tanto, los caracteres peso y tamaño de semillas presentaron la mayor contribución en la cuantificación de la variabilidad morfológica, permitiendo la selección de tres accesiones para ser utilizadas como parentales en un programa de premejoramiento genético.

Palabras clave: análisis multivariado, selección de progenitores, valorización de germoplasma.

Morphological diversity of 102 accessions of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in a pre-breeding program

ABSTRACT

Based on quantitative morphological characteristics, a diversity study was carried out on different types of common bean cultivars in order to identify parents with favorable traits. According to principal component analysis (CP), the CP1 (35%) showed that days to flowering and number of pods per plant contributed

*Autor de correspondencia: Ada Medina

E-mail: amaumed@gmail.com

positively; while weight of 100 seeds and days to emerge were negatively, revealing that larger seeds were present in plants with fewer pods. The CP2 (23%) allowed to separate the accessions by total weight of seeds in 10 plants, and in the CP 3 (14%) stood out the pods with greater length, quantity and content of seeds. The local cultivars were distributed in all the quadrants, indicating great diversity in number of pods per plant, size and weight of seed, and days to emergence and flowering. The semi domesticated cultivars were distributed in the lower quadrants, with lesser weight of seeds and length of pods, whose differences in size were attributed to their center of domestication. The advanced lines presented higher values in their yield components compared to the commercial ones, supporting that plant breeding programs include these factors in their selection processes. Therefore, the characters weight and size of seeds presented the greatest contribution in the quantification of the morphological variability, allowing the selection of three accessions to be used as parental in a genetic pre-breeding program.

Key words: germplasm valorization, multivariate analyses, parental selection.

INTRODUCCIÓN

La caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas de grano más importante para la alimentación humana, por su alto contenido proteico (Rodiño, 2000). Es cultivada en zonas tropicales, subtropicales y templadas de todos los continentes, en un amplio intervalo de ambientes y sistemas de cultivos. Su centro de origen es el continente americano, con dos centros primarios de domesticación: el mesoamericano y andino (Gepts, 2004; Mc Clean *et al.*, 2004), donde se concentran la mayor variabilidad genética de las especies cultivadas y de especies relacionadas (Singh, 2001).

Venezuela es un país con tradición en la producción e ingesta de caraota, registrándose las mayores superficies cosechadas (98.883 ha) y los mayores volúmenes de producción (49.842 t) en la década de los 60 (Pérez *et al.*, 2013). Más recientemente, en el año 2014, la producción de este rubro fue de 6.191 t, con un rendimiento de 813 kg.ha⁻¹, en una superficie cosechada de 7.616 ha (FEDEAGRO, 2016).

Gran parte de la producción comercial de caraota en Venezuela está en manos de pequeños y medianos productores, cuyos sistemas se caracterizan por ser monocultivos, cultivos asociados o en rotación con maíz u otro, en áreas menores de 5 ha, con alto uso de mano de obra familiar, y poca utilización de capital o recursos externos (Morros, 2001; León *et al.*, 2007; Pérez *et al.*, 2013). La producción está destinada al mercado y solo una pequeña parte, se dedica al autoconsumo. En estos sistemas se conservan y utilizan, en gran proporción, materiales genéticos mantenidos por generaciones que poseen importantes

características de adaptación, como por ejemplo a la época de siembra, por lo general realizada en la salida de las lluvias.

En el país, la colección más importante del género *Phaseolus* se encuentra en el Banco de Germoplasma de la Unidad de Conservación de Recursos Fitogenéticos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA – CENIAP), Maracay. Actualmente, contiene alrededor de 3.000 accesiones de semillas, producto de expediciones de colecta principalmente en pequeñas unidades de producción campesinas, y ocasionalmente en mercados locales de todo el territorio nacional. Corresponden principalmente a cultivares locales y en menor proporción a variedades comerciales y materiales silvestres (Gutiérrez, 2008).

Debido a la importancia estratégica que tienen las leguminosas y a la altísima dependencia nacional de granos importados para el consumo (Pérez *et al.*, 2013), es oportuna y necesaria la caracterización y evaluación del germoplasma disponible en los bancos de germoplasma del país. De esta manera se pueden identificar genotipos de caraota con potencialidad para uso directo o con características útiles para promover su utilización en programas de mejoramiento (González *et al.*, 2007).

El premejoramiento es la alternativa más prometedora para conectar los recursos fitogenéticos con los programas de mejoramiento. La identificación de características favorables para su incorporación como parentales en los programas de premejoramiento es señalada por Pritsch (2001) como valorización genética de germoplasma.

Como parte de un programa de premejoramiento genético, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la diversidad morfológica presente en los distintos tipos de cultivares de caraota, a saber: cultivares locales, semidomesticadas, líneas avanzadas y comerciales, a partir de 102 accesiones conservadas en bancos de germoplasma de Venezuela. Asimismo, identificar parentales con presencia de variantes favorables de interés agronómico basado en sus caracteres morfológicos cuantitativos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Vegetal

Se utilizaron 102 accesiones de *Phaseolus vulgaris* L. conservadas en forma de semillas (Cuadro 1). De estas, 81 se obtuvieron del Banco de Germoplasma de la Unidad de Conservación de Recursos Fitogenéticos del INIA – CENIAP, representadas por cultivares locales, semidomesticadas y líneas avanzadas, desarrolladas en los programas de mejoramiento genético del INIA. Mientras que 21 se obtuvieron del Instituto de Genética (IGen), Facultad de Agronomía (FAGRO), Universidad Central de Venezuela (UCV), representadas por variedades comerciales y líneas avanzadas desarrolladas en los programas de mejoramiento genético de la UCV, de material introducido del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia. Ambos bancos de germoplasma ubicados en Maracay, estado Aragua.

Caracterización morfológica

La evaluación morfológica se realizó en el Campo Experimental del IGen, FAGRO, UCV. Cada accesión fue sembrada en campo en un hilo de 5 m con semillas separadas a 20 cm y una distancia de 0,60 m entre hilos. La caracterización agronómica consistió en una evaluación del material vegetal, teniendo presente variables cuantitativas que incluyeron: longitud de la vaina (cm) (valor medio de diez vainas secas medidas desde la inserción del pedúnculo hasta el ápice, sin incluir el diente apical); número de semillas por vaina (valor medio de diez vainas secas), número de vainas por planta (valor medio de diez plantas), peso de 100 semillas (g) (clasificándose en pequeña (mayor de 25), mediana (entre 25-40) y grande (mayor de 40), y peso total de semillas en diez plantas. Asimismo, días a emergencia

(número de días transcurridos desde la siembra en suelo hasta el momento en que emergió el 50% de la población estimada para la parcela), días a floración (número de días transcurridos desde la siembra hasta el momento en el cual 50% de la población estimada para la parcela presentó flores abiertas), y días a la cosecha (número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando las plantas presentaron el 90% de la población estimada para la parcela con vainas secas, listas para la cosecha).

Análisis estadísticos

Para el procesamiento de los datos, se usó la estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, coeficiente de variación), y análisis multivariados, a saber: análisis de componentes principales (ACP), y análisis de conglomerados (cluster), usando el programa estadístico Paleontological Statistics (PAST), versión 2.01 (Hammer *et al.*, 2001). El análisis de conglomerados se realizó utilizando la distancia Euclidiana y el método jerarquizado de agrupamiento UPGMA para agrupar las accesiones en función de todos los atributos. En el análisis de componentes principales se usó la matriz de correlación lográndose confirmar la clasificación generada por el análisis de conglomerados, e identificar los caracteres que más contribuyeron a la formación de los grupos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadísticos simples

En el Cuadro 2, se presentan los estadísticos descriptivos de los ocho caracteres cuantitativos evaluados. Las variables longitud de vaina y número de semillas/vaina presentaron la menor dispersión de los datos según su desviación estándar; mientras que la variable peso de semilla de 10 plantas mostró la desviación más alta. Asimismo, las variables que mostraron menor coeficiente de variación fueron días a cosecha y días a floración, con un valor de 5,42% y 9,8%, respectivamente; mientras que los mayores coeficientes de variación fueron peso de semillas de 10 plantas (34,94%) y número de vainas por planta (31,32%). En un estudio realizado por González *et al.* (2007), al evaluar 86 accesiones de caraota del banco de germoplasma INIA-CENIAP, también obtuvo un bajo coeficiente de variación para longitud de vaina de 10,64% y el mayor coeficiente de variación para número de vainas por planta (44,57%).

Cuadro 1. Identificación y procedencia de las accesiones de *Phaseolus vulgaris* L. utilizadas en este estudio

N°	Entrada	Procedencia	Identificación	Tipo de cultivar	Banco
1	Tenerife		ICA Pijao	Comercial	UCV
2	Tacarigua		Ven 44	Comercial	UCV
3	I-1983	Carabobo	MGM-01-98-004	Cultivar Local	INIA
4	I-1984	Carabobo	MGM-01-98-007	Cultivar Local	INIA
5	I-1996	Carabobo	MGM-01-98-021	Cultivar Local	INIA
6	I-1997	Carabobo	MGM-01-98-022	Cultivar Local	INIA
7	I-1998	Carabobo	MGM-01-98-023	Cultivar Local	INIA
8	I-2005	Aragua	DP-01-98-010	Cultivar Local	INIA
9	I-2019	Aragua	MGM-02-99-06	Cultivar Local	INIA
10	Manuare		BAT-304	Comercial	UCV
11	I-2031	Carabobo	MGM-03-99-10	Cultivar Local	INIA
12	I-2043	Lara	MEM-01-00-08	Cultivar Local	INIA
13	Corocito		SEFLOARCA	Comercial	INIA
14	I-2100	Lara	MEM-02-00-23	Cultivar Local	INIA
15	I-2133	Cojedes	MGM-05-01-08	Cultivar Local	INIA
16	Montalbán		BAT-58	Comercial	UCV
17	I-2139	Miranda	DP-03-01-004	Cultivar Local	INIA
18	I-2152	Lara	MEM-03-01-10	Cultivar Local	INIA
19	I-2153	Lara	MEM-03-01-11	Cultivar Local	INIA
20	I-2155	Lara	MEM-03-01-14	Cultivar Local	INIA
21	I-2162	Trujillo	CQ-04-01-01	Cultivar Local	INIA
22	I-2164	Trujillo	CQ-05-01-02	Cultivar Local	INIA
23	I-2180	Yaracuy	MS-03-01-09	Cultivar Local	INIA
24	I-2208	Apure	AB-02-01-017	Cultivar Local	INIA
25	I-2219	Lara	MEM-03-02-017	Cultivar Local	INIA
26	I-2222	Lara	MEM-03-02-022	Cultivar Local	INIA
27	I-2226	Sucre	MGM-08-02-001	Cultivar Local	INIA
28	I-2231	Sucre	MGM-08-02-010	Cultivar Local	INIA
29	I-2232	Sucre	MGM-08-02-012	Cultivar Local	INIA
30	I-2239	Monagas	MGM-08-02-026	Cultivar Local	INIA
31	I-2240	Monagas	MGM-08-02-027	Cultivar Local	INIA
32	I-2242	Monagas	MGM-08-02-029	Cultivar Local	INIA
33	I-2245	Monagas	MGM-08-02-032	Cultivar Local	INIA
34	I-2247	Sucre	MGM-08-02-037	Cultivar Local	INIA
35	I-2248	Sucre	MGM-08-02-038	Cultivar Local	INIA
36	I-2254	Sucre	MGM-08-02-056	Cultivar Local	INIA
37	I-2257	Sucre	MGM-08-02-068	Cultivar Local	INIA
38	I-2261	Sucre	MGM-08-02-072	Cultivar Local	INIA
39	I-2263	Sucre	MGM-08-02-077	Cultivar Local	INIA
40	I-2264	Sucre	MGM-08-02-078	Cultivar Local	INIA
41	I-2275	Sucre	MGM-08-02-096	Cultivar Local	INIA
42	I-2276	Miranda	MGM-08-02-097	Cultivar Local	INIA
43	I-2287	Barinas	MGM-10-02-010	Cultivar Local	INIA
44	I-2309	Mérida	MGM-10-02-034	Cultivar Local	INIA
45	I-2334	Mérida	MGM-10-02-062	Cultivar Local	INIA

Continuación Cuadro 1.

N°	Entrada	Procedencia	Identificación	Tipo de cultivar	Banco
46	I-2350	Mérida	MGM-10-02-078	Cultivar Local	INIA
47	I-2352	Mérida	MGM-10-02-082	Cultivar Local	INIA
48	Magdalena		SEHIVECA	Comercial	UCV
49	I-2356	Mérida	MGM-10-02-088	Cultivar Local	INIA
50	I-2358	Mérida	MGM-10-02-090	Cultivar Local	INIA
51	I-2360	Mérida	MGM-10-02-092	Cultivar Local	INIA
52	I-2368	Mérida	MGM-10-02-102	Cultivar Local	INIA
53	I-2371	Mérida	MGM-10-02-105	Cultivar Local	INIA
54	I-2373	Mérida	MGM-10-02-107	Cultivar Local	INIA
55	I-2374	Mérida	MGM-10-02-108	Cultivar Local	INIA
56	I-2375	Mérida	MGM-10-02-109	Cultivar Local	INIA
57	I-2377	Mérida	MGM-10-02-111	Cultivar Local	INIA
58	I-2534	Táchira	DP-06-06-058	Cultivar Local	INIA
59	I-2568	Táchira	DP-06-06-103	Cultivar Local	INIA
60	I-2579	Táchira	DP-06-06-116	Cultivar Local	INIA
61	I-2581	Táchira	DP-06-06-119	Cultivar Local	INIA
62	I-2583	Táchira	DP-06-06-121	Cultivar Local	INIA
63	I-2584	Táchira	DP-06-06-123	Cultivar Local	INIA
64	I-2589	Táchira	NY-01-06-01	Cultivar Local	INIA
65	I-2592	Táchira	NY-01-06-04	Cultivar Local	INIA
66	I-2595	Táchira	NY-01-06-08	Cultivar Local	INIA
67	I-2598	Táchira	NY-01-06-11	Cultivar Local	INIA
68	I-2627	Táchira	NY-02-07-008	Cultivar Local	INIA
69	I-2646	Aragua	DON-17-07-002	Cultivar Local	INIA
70	I-2647	Aragua	DON-17-07-003	Cultivar Local	INIA
71	I-2670	Aragua	CGM-01-07-004	Cultivar Local	INIA
72	I-2681	Lara	DON-22-07-013	Cultivar Local	INIA
73	I-2654	Colombia	DOR-45	Línea Avanzada CIAT	UCV
74	I-2655	Colombia	BAT-139	Línea Avanzada CIAT	UCV
75	I-2656	Colombia	BAT-871	Línea Avanzada CIAT	UCV
76	I-2657	Colombia	BAT-971	Línea Avanzada CIAT	UCV
77	I-2659	Colombia	DOR-24	Línea Avanzada CIAT	UCV
78	I-2660	Colombia	BAT-147	Línea Avanzada CIAT	UCV
79	I-2661	Colombia	BAT-913	Línea Avanzada CIAT	UCV
80	I-2662	Colombia	BAT-68	Línea Avanzada CIAT	UCV
81	I-2665	Colombia	BAT-1037	Línea Avanzada CIAT	UCV
82	I-2667	Colombia	DOR-44	Línea Avanzada CIAT	UCV
83	UCV MEM*L8		MEM 0301014 x Línea 8 F2:4	Línea Avanzada UCV	UCV
84	UCV 27		XAN154 x MEM3031013F2:7	Línea Avanzada UCV	UCV
85	UCV 56		XAN154 x MEM3031013F2:7	Línea Avanzada UCV	UCV
86	UCV 88		XAN154 x MEM3031013F2:7	Línea Avanzada UCV	UCV
87	UCV 96		XAN154 x MEM3031013F2:7	Línea Avanzada UCV	UCV
88	UCV 100		XAN154 x MEM3031013F2:7	Línea Avanzada UCV	UCV
89	Gen 3		DOR-440 x RIZ-86 (SA016F2-1-1-MS-6-3)	Línea Avanzada INIA	INIA
90	Gen 10		EMP-414 x NAG-8 (SA018F2-3-4-1-3-1-2)	Línea Avanzada INIA	INIA

Continuación **Cuadro 1.**

N°	Entrada	Procedencia	Identificación	Tipo de cultivar	Banco
91	Gen 12		EMP-414 x NAG-8 (SA018F2-3-5-MS-MS-MS)	Línea Avanzada INIA	INIA
92	Gen 16		XAN-222 x DOR-470 (SA024F2-19-2-5-10-6-3-2)	Línea Avanzada INIA	INIA
93	Gen 18		EMP-414 x DOR-500 (SA029F2-MS-MS-MS-MS)	Línea Avanzada INIA	INIA
94	Gen 19		SELECCIÓN 13	Línea Avanzada INIA	INIA
95	I-2606	Táchira	PB-01-06-006	Semi domesticada	INIA
96	I-2740	Mérida	JMP-01-08-002	Semi domesticada	INIA
97	I-2494	Lara	DON-12-06-010	Semi domesticada	INIA
98	I-2251	Sucre	MGM-08-02-044	Semi domesticada	INIA
99	I-2032	Carabobo	MGM-03-99-011	Semi domesticada	INIA
100	I-2195	Falcón	AB-01-01-014	Semi domesticada	INIA
101	I-2034	Portuguesa	JA-01-00-009	Semi domesticada	INIA
102	I-2146	Miranda	DP-03-01-019	Semi domesticada	INIA

Cuadro 2. Estadísticos descriptivos para las variables cuantitativas de los genotipos de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluados.

Variable	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
Longitud vaina	8,42	0,9	10,69	4,52	10,97
N° semillas / vaina	4,8	1,03	21,43	2,1	7,1
N° Vainas/ planta	7,42	2,32	31,32	0,7	14,2
Peso semillas de 10 plantas (g)	43,46	15,19	34,94	17,75	89,18
Peso de 100 semillas (g)	21,44	6,32	29,49	13,42	41,21
Días a emergencia	6,27	1,09	17,32	5	9
Días a floración	43,56	4,27	9,8	35	51
Días a cosecha	82,09	4,45	5,42	70	89

Asimismo, Rodiño (2000) en España, destacó que la mayor amplitud de los intervalos se observaron principalmente, en caracteres relacionados con las vainas y el grano.

Análisis multivariado

El análisis de los caracteres cuantitativos evaluados, generó un dendrograma construido a partir de las distancias euclidianas con tres niveles de truncadura para el análisis (Figura 1). El primer nivel de truncadura, identificado con la letra A (a un valor de distancia (d) de 0,27), muestra la formación de un grupo con sólo dos cultivares locales, muy alejado de los otros grupos. El segundo nivel de truncadura, designado en el cluster con la letra B, permite la formación de dos subgrupos, el subgrupo B1 (d=0,19) y el subgrupo B2 (d=0,16); asimismo, el tercer nivel de truncadura, identificado como C, se encuentra subdividido en C1 y C2, a una distancia de 0,16 y 0,20, respectivamente.

La variación de la distancia euclídeana entre las accesiones de caraota estudiadas, indican que existe variabilidad amplia para los caracteres cuantitativos, lo cual permitió agrupar los materiales en tres grupos genéticos bien definidos.

En la Figura 2 se muestra la proyección de las accesiones de caraota en los primeros dos componentes principales de acuerdo a los caracteres cuantitativos. Los tres primeros componentes principales, así como los valores propios, miden la importancia de cada uno de los componentes en términos de varianza absoluta (Cuadro 3). Solo se consideraron los primeros tres componentes, porque explicaron el 71% de la variación total; de estos, el primero (CP1) contribuyó en un 35%, el segundo (CP2) en un 23% y el tercero (CP3) con 14%. Esto indica, que en los tres primeros componentes existen descriptores que identifican bien la población de accesiones evaluadas.

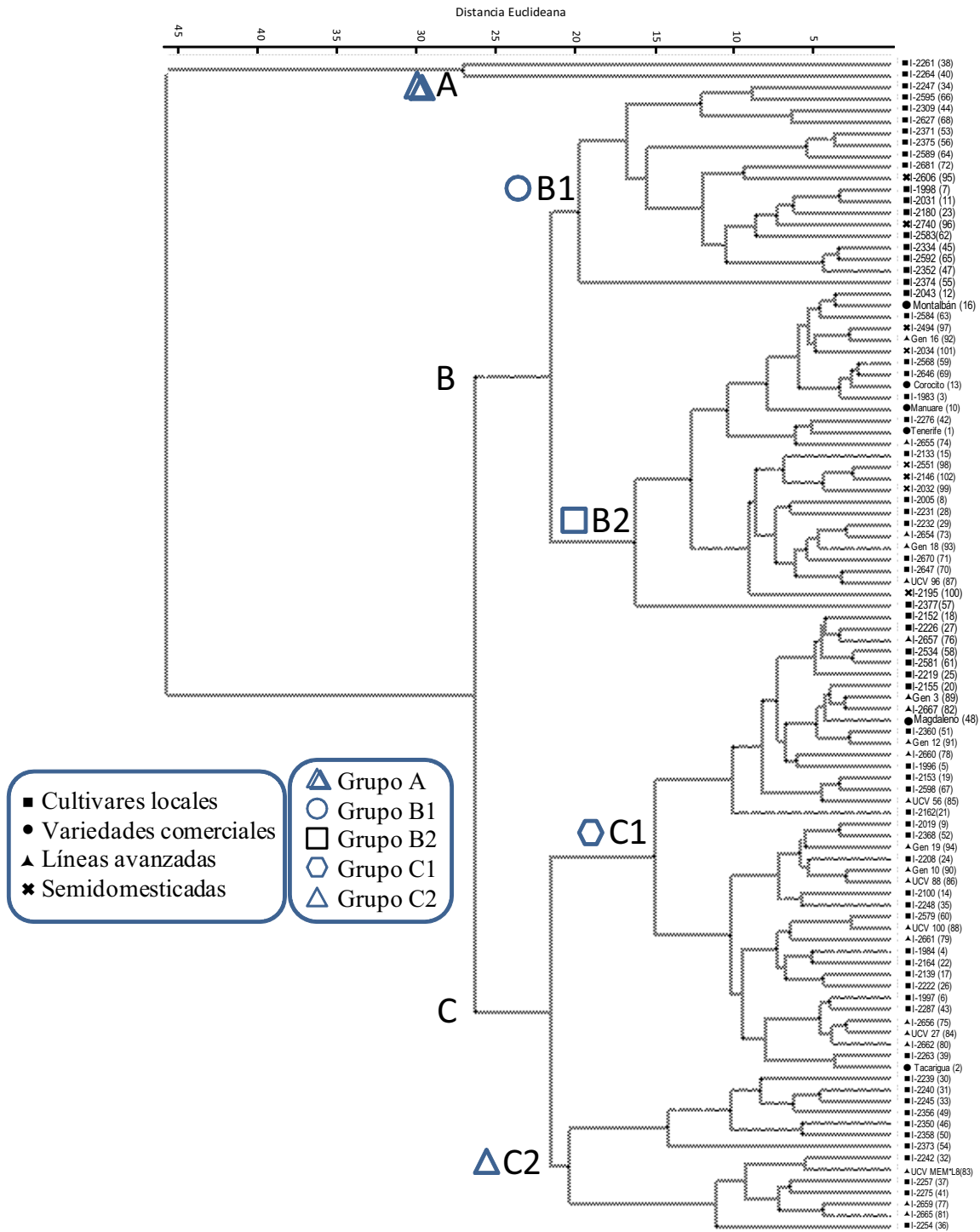


Figura 1. Dendrograma del análisis de agrupamiento UPGMA, basada en la distancia Euclídeana, para caracteres morfológicos cuantitativos de 102 accesiones de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.).

Semillas medianas a grandes
Mayor días a emergencia
Floración temprana

Semillas pequeñas
Mayor peso de semillas
Mayor longitud de vainas
Mayor número de vainas por planta

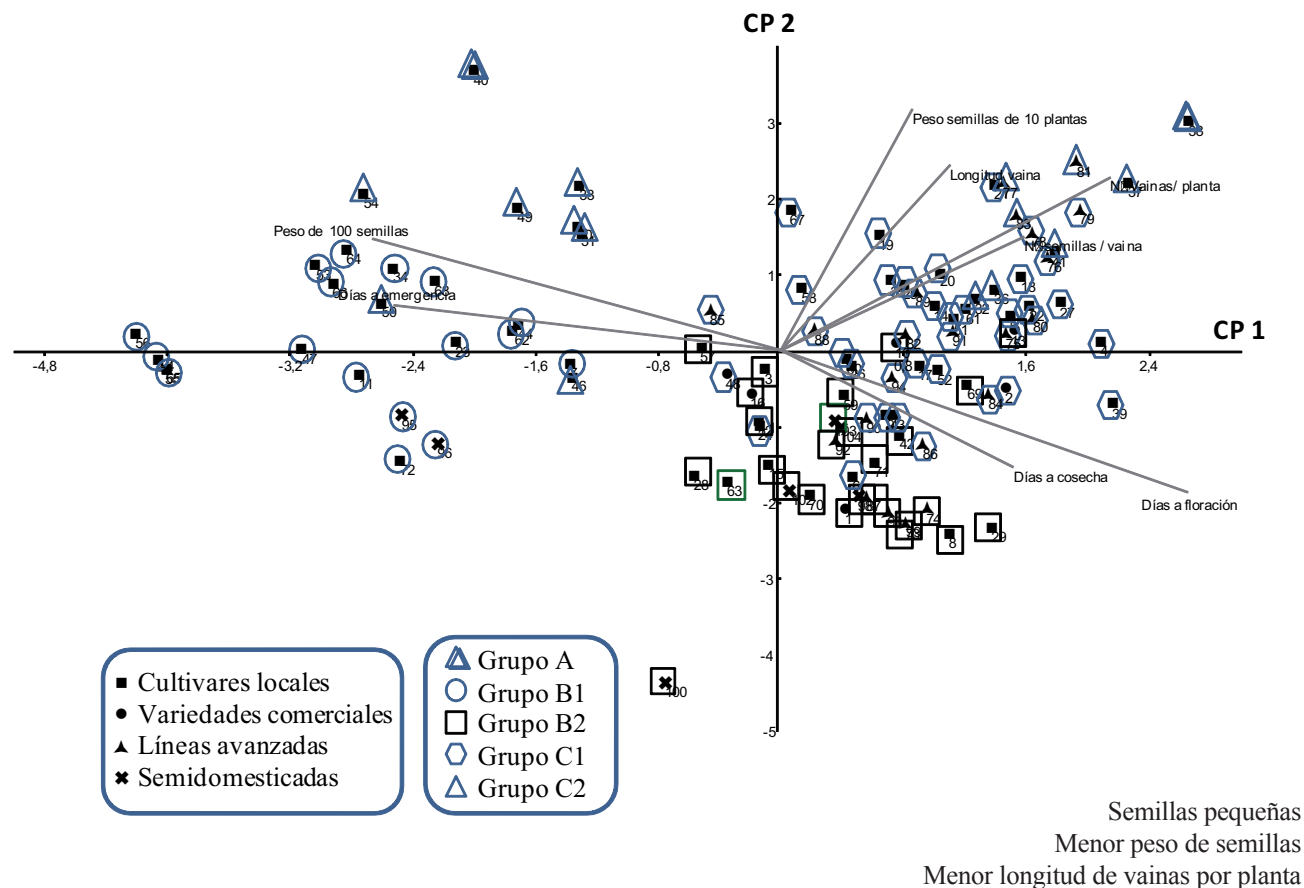


Figura 2. Dispersión de las accesiones de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en los dos primeros componentes principales, señalando los grupos obtenidos en el análisis de conglomerados.

Cuadro 3. Contribución relativa de los caracteres cuantitativos evaluados a los tres primeros componentes.

CP	Valor propio	Proporción de la varianza	Proporción de la varianza acumulada	Importancia relativa de los caracteres							
				LV	NSV	NVP	PS10P	P100S	DE	DF	DC
CP1	2,79	0,35	0,35	0,22	0,27	0,39	0,17	-0,46	-0,44	0,46	0,26
CP2	1,82	0,23	0,58	0,4	0,22	0,37	0,61	0,28	0,09	-0,33	-0,29
CP3	1,1	0,14	0,71	0,42	0,63	-0,43	-0,38	-0,02	-0,18	-0,13	-0,22
Proporción de la varianza				0,62	0,72	0,89	0,93	0,74	0,6	0,83	0,4

LV: longitud de vaina, NSV: número de semillas por vaina, NVP: número de vainas por planta, PS10P: peso de semillas en 10 plantas, P100S: peso de 100 semillas, DE: días a emergencia, DF: días a floración, DC: días a cosecha

Asimismo, el análisis por componentes principales de 14 variables cuantitativas realizadas en 22 colectas de caraota arbustiva, procedentes del banco de germoplasma de Corpoica en Mosquera, Colombia, también demostraron que solo tres componentes fueron necesarios para expresar el 88,49% de la variabilidad total (Cerón *et al.*, 2001), y González *et al.* (2007) señalaron que hasta el tercer componente explicó el 98,99% de la variabilidad con caracteres asociados al rendimiento. En la Figura 2 también se observa el grado de asociación entre las variables. De acuerdo con la separación angular de sus proyecciones, la mejor asociación está constituida por número de vainas por planta con número de semillas por vaina.

Asimismo, el Cuadro 3 también muestra los vectores característicos de los tres primeros componentes con los coeficientes de cada variable, los que a su vez, representaron mayor importancia dentro de cada vector. La distribución de los coeficientes del primer vector, indican que días a floración y número de vainas por planta fueron las variables que más contribuyeron de forma positiva a dicho componente (con coeficiente de 0,46 y 0,39, respectivamente), mientras que las variables peso de 100 semillas y días a emergencia fueron las que más contribuyeron de forma negativa (-0,46 y -0,44, respectivamente). La contribución positiva del número de vainas por planta indica que las accesiones de semillas de mayor tamaño se presentaron en plantas con menor número de vainas.

La variable que explicó en mayor proporción la variabilidad en el segundo componente fue peso total de semillas en 10 plantas, con coeficiente de 0,61. En consecuencia, fue posible distinguir las accesiones que formaron los grupos según su peso. Por otra parte, en el tercer componente principal se destacaron variables relacionadas al estado de la vaina, a saber: número de semillas por vaina, número de vainas por planta y longitud de vaina, con coeficientes de 0,63, -0,43 y 0,42, respectivamente. Así, este componente permitió distinguir las accesiones con menor número de vainas, pero con mayor longitud y mayor contenido de semillas.

De acuerdo con esto, se pueden identificar y destacar en la gráfica de dispersión (biplot) de las accesiones estudiadas, los grupos obtenidos previamente en el análisis de conglomerados, lo que permitió identificar los caracteres cuantitativos que más influyeron en el agrupamiento, y las

características que distinguen a cada grupo. De allí, se puede observar que el grupo A, formado por dos cultivares locales se encuentran en los dos cuadrantes superiores, muy por encima del eje de coordenadas. Se caracterizan por ser las accesiones que presentaron los mayores valores de peso de semillas de diez plantas (con 89,2 y 79,5 g, respectivamente), altos valores de longitud de vaina (por encima de 8,9) y los más altos valores de número de vainas por planta, destacándose la accesión I-2261 por presentar el mayor número de vainas por planta de todas las accesiones evaluadas. También se caracterizaron por poseer un alto número de semillas por vaina (6 en promedio) y con periodo de crecimiento tardío, con mayores días a cosecha.

Los subgrupos B1 y B2 se diferencian principalmente por el tamaño de sus semillas (evaluadas como peso de 100 semillas) y días a floración. El subgrupo B1 distribuido en los dos cuadrantes izquierdos cerca del eje horizontal, agrupa 18 accesiones, integrado por 16 cultivares locales y dos semidomesticadas. Este grupo, se caracterizó por poseer las semillas más grandes con un valor de 30,3 g en promedio y el más corto periodo de días a floración (promedio 37,33 días). Es de hacer notar que las dos accesiones semidomesticadas, presentes en este grupo, a saber: I-2606 e I-2740, son procedentes de los estados Táchira y Mérida. De acuerdo con Medina *et al.* (2013), estas accesiones presentan faseolina T y se asocian con el acervo Andino, el cual se caracteriza por el mayor tamaño de sus semillas. Voysest (2000) menciona que uno de los caracteres más usados en la clasificación de caraota, en lo que a tipo de semilla se refiere, es su tamaño, ya que determina el mayor o menor grado de aceptabilidad por parte del productor y del consumidor.

Mientras que el subgrupo B2, ubicado principalmente en el cuadrante inferior derecho y en menor medida en el izquierdo, contiene 28 accesiones. Es un grupo muy diverso en cuanto a los tipos de cultivares ya que presenta 13 cultivares locales, 6 semidomesticadas, 4 variedades comerciales y 5 líneas avanzadas. Este grupo presenta las accesiones de semillas más pequeñas (17,35 g/100 semillas), mayor periodo de días a floración (46,5 en promedio) y menor peso de semillas de diez plantas (17,35 g). Es de hacer notar, que las variedades comerciales desarrolladas en el país han sido obtenidas por selección masal de cultivares locales e introducidos (Voysest, 2000), predominando las semillas pequeñas

por estar asociadas con el acervo mesoamericano y por presentar una mayor adaptación a las tierras bajas y cálidas, de la mayoría de las regiones donde se cultiva caraota en Venezuela. Asimismo, las semidomesticadas presentes en este grupo, también reflejan el tamaño pequeño de semillas, por estar asociadas a este centro de domesticación (Medina *et al.*, 2013). Este grupo también incluyó 4 cultivares locales de semillas pequeñas, acorde con el resto de accesiones de dicho grupo.

Por otra parte, el Grupo C1 está conformado por 24 cultivares locales, 14 líneas avanzadas y dos comerciales, ubicándose en los dos cuadrantes derechos. Mientras que el Grupo C2 se encuentra distribuido en los dos cuadrantes superiores con 11 cultivares locales y 3 líneas avanzadas. Las accesiones involucradas presentaron valores de peso de semillas de diez plantas con valores intermedios a altos (promedio de 48,7 g y 63,69 g, respectivamente), diferenciándose principalmente por el tamaño de sus semillas, siendo en general más grandes las del Grupo C2 (26,1 g/100 semillas) en comparación con el Grupo C1 (18,27 g/100 semillas). La presencia de la mayoría de líneas avanzadas en estos cuadrantes, evidencian que los programas de mejoramiento genético en Venezuela, en general se dirigen a un proceso de selección de plantas que toma en cuenta caracteres asociados al rendimiento.

Tomando en cuenta la distribución de los tipos de cultivares en la gráfica de dispersión de puntos, pudo observarse que los cultivares locales se distribuyeron en todos los cuadrantes con una mayor amplitud a lo largo del eje vertical y horizontal, lo que sugiere una mayor diversidad en este tipo de cultivar en cuanto a tamaño y peso de semilla, días a emergencia, días a floración y número de vainas por planta. Muy probablemente esta diversidad ha sido favorecida por el intercambio de semillas en mercados regionales (Morros, 2001).

El conjunto de accesiones semidomesticadas se distribuyeron en amplitud a lo largo del CP 1, pero en los cuadrantes inferiores, lo que denota el menor peso de semillas en 10 plantas y la menor longitud de vainas por planta. Es interesante destacar que en el cuadrante izquierdo se distribuyeron las semidomesticadas procedentes del Acervo Andino (Medina *et al.*, 2013), las cuales se caracterizan por sus semillas de mayor tamaño, mientras que las semidomesticadas de semilla pequeña, están

asociadas con el Acervo Mesoamericano (Pathania *et al.*, 2014), estuvieron agrupadas hacia el cuadrante de la derecha. Por otra parte, las líneas avanzadas presentan mayores valores en sus componentes de rendimiento en comparación con las variedades comerciales, denotando que actualmente los programas de mejoramiento en Venezuela toman en cuenta estos factores de rendimiento en sus procesos de selección.

En general los resultados muestran que en las accesiones de caraota utilizadas en este estudio, las variables cuantitativas relacionadas con estructuras reproductivas fueron importantes y discriminatorias, aspecto que también se refleja en la alta proporción de la varianza obtenida para la mayoría de las variables utilizadas (Cuadro 3). Asimismo, Cerón *et al.* (2001) señalaron que la mayoría de los componentes principales que aportaron en gran parte a la variación total, estaban estrechamente relacionados con el rendimiento, los cuales también incluyeron los caracteres días a floración, días a cosecha, peso de 100 semillas, número de semillas por vaina, longitud de vaina, entre otros. Resultados similares fueron obtenidos por Arunga *et al.* (2015), Medina *et al.* (2013) y González *et al.* (2007), quienes también destacaron la importancia de estos caracteres para la discriminación de grupos.

Selección de progenitores

De acuerdo a la evaluación de los caracteres morfológicos cuantitativos, se pueden destacar algunas accesiones que fueron seleccionadas como progenitores para el diseño de una población básica. Se destaca un cultivar local, la accesión I-2261, por presentar el mejor comportamiento agronómico en cuanto a peso de semillas, longitud de vainas, número de vainas por planta y número de semillas por vaina. Asimismo, se seleccionaron dos líneas avanzadas desarrolladas en Venezuela, adaptadas a las condiciones del país, una procedente del programa de mejoramiento genético de la UCV y otra del programa del INIA, a saber la UCV56 y Gen 12, por presentar los mayores valores de tamaño y peso de semillas, respectivamente.

CONCLUSIONES

Los caracteres peso y tamaño de semillas presentaron la mayor contribución en la cuantificación de la variabilidad morfológica. Los cultivares locales presentaron la mayor diversidad, no solo de estos

caracteres, sino también en días a emergencia, días a floración y número de vainas por planta, probablemente favorecida por el intercambio de semillas en los mercados regionales. Esto destaca la importancia de estos materiales como fuente de diversidad en los programas de mejoramiento genético de plantas. Las accesiones semidomesticadas presentaron menor peso de semillas y longitud de vainas, con diferencias en tamaño que se atribuyeron a su centro de domesticación. Por su parte, las líneas avanzadas presentaron mayores valores en sus componentes de rendimiento en comparación con las comerciales, denotando que los programas de mejoramiento incluyen estos factores en sus procesos de selección.

Como parte de un programa de premejoramiento genético se seleccionaron como parentales el cultivar local I-2261, por presentar el mejor comportamiento agronómico en cuanto a peso de semillas, longitud de vainas, número de vainas por planta y número de semillas por vaina. Asimismo, las líneas avanzadas UCV 56 (UCV) y Gen 12 (INIA) por presentar los mayores valores de tamaño y peso de semillas, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arunga, E.; M. Kinyua; J. Ochuodho; J. Owuoch; E. Chepkoech. 2015. Genetic diversity of determinate French beans grown in Kenya based on morpho-agronomic and simple sequence repeat variation. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 7 (8): 240-250
- Cerón, M.; G. Ligarreto; J. Moreno; O. Martínez. 2001. Selección de variables cuantitativas y clasificación de 22 accesiones de frijón arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Corpoica* 3 (2): 31-38.
- FEDEAGRO (Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios). 2016. Estadísticas Agropecuarias (en línea, sitio web). Consultado 2 de jul. 2016. Disponible en <http://www.fedeagro.org/>.
- Gepts, P. 2004. Crop Domestication as a Long-term Selection Experiment. *Plant Breeding Reviews* 24 (2): 1-44.
- González, G.; D. Pérez; A. Trujillo; M. Gutiérrez. 2007. Caracterización morfológica de 86 accesiones de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) pertenecientes al banco de germoplasma del INIA-CENIAP. XVII Cong. Ven. Bot. pp. 471-474.
- Gutiérrez, M. 2008. Segundo Informe Nacional sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación, Venezuela. MPPAT-INIA, FAO. 171p.
- Hammer, Ø.; D. Harper; P. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Version 2.01 (en línea, programa informático). University of Oslo, Oslo, Norway. Consultado 04 ene. 2016. Disponible en <http://folk.uio.no/ohammer/past>
- León, O.; D. Mark; R. De La Cruz; A. Marcano; M. Navas. 2007. Caracterización morfológica de cultivar local de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en la localidad de Ipure, municipio Acosta, estado Monagas, Venezuela. XVII Cong. Ven. Bot. 465-467.
- Mc Clean, P.; J. Kami; P. Gepts. 2004. Genomics and Genetic Diversity in Common Bean. In: *Legume Crop Genomics*. Richard F. Wilson, H. Thomas Stalker and E. Charles Brummer (ed.). AOCS Press. Illinois, USA. pp. 60-82.
- Medina, A.; C. Ramis; D. Pérez; P. Lagarde; Y. de Farías. 2013. Caracterización de variabilidad genética en acervos primarios de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), útiles para programas de premejoramiento genético. *Rev. Fac. Agron. (UCV)* 39(1): 20-29.
- Morros, M. 2001. Cultivo de la caraota con énfasis en el estado Lara. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Serie D, N° 2. Maracay. 74 p.
- Pathania, A.; K. Surinder; P. Sharma. 2014. Common Bean. In: Mohar Singh, Ishwari Singh Manoranjan Dutta (eds). *Broadening the genetic base of grain legumes*. Springer. New Delhi, India. pp. 11-50

- Pérez, D.; N. Camacaro; M. E. Morros; A. Higuera. 2013. Leguminosas de grano comestible en Venezuela. *Agricultura en Venezuela* N° 1. José Luis Berroterán (ed.). Ediciones ONCTI, Caracas. Venezuela. 157 p.
- Pritsch, C. 2001. El pre-mejoramiento y la utilización de los recursos fitogenéticos. En: Berretta, A. & Rivas, M. (eds.), *Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur*. Programa cooperativo para el desarrollo tecnológico agroalimentario y agroindustrial del Cono Sur. Montevideo. Uruguay. pp. 111-121
- Rodiño, P. 2000. Caracterización morfoagronómica y bioquímica de germoplasma de judía común (*Phaseolus vulgaris* L.) de España (en línea). Tesis Doctoral. Pontevedra, España, Universidad de Santiago de Compostela. Consultado 02 dic. 2015. Disponible en <http://hdl.handle.net/10261/10702>.
- Singh, S. 2001. Review and interpretation. Broadening the genetic base of common bean cultivars: A review. *Crop Science* 41: 1659-1675.
- Voysest, O. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): legado de variedades de América Latina 1930-1999. Centro Internacional de Agricultura Tropical. (Publicación CIAT, n° 321). Cali, Colombia. 195 p.