Rev. Fitotec. Mex. Vol. 25 (1): 65-70, 2002

ESTUDIO DE LA HETEROSIS EN FRIJOL COMÚN EN CONDICIONES DE TEMPORAL

STUDIES ON HETEROSIS IN COMMON BEAN UNDER RAINFED CONDITIONS

Valentín Robledo Torres[1]*, Jorge R. González Domínguez[2], Abelardo Núñez Barrios[3], Adalberto Benavides Mendoza[1] y Francisca Ramírez Godina[2]

[1] Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura. Buenavista, Saltillo, Coah. México. CP 25315. [2]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Fitomejoramiento. Buenavista, Saltillo, Coah. México. CP 25315. [3] Intituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Ave. Cuauhtémoc No.2000,4° Piso, Col. Cuauhtémoc, Apdo. Postal No. 1204. Chihuahua, Chih. México. CP 31020.
** Autor responsable*

RESUMEN

Se estudió la heterosis en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), utilizando como hembras a los genotipos Bayo Victoria, Bayo Río Grande, Negro Portezuelo, Flor de Mayo RMC y Bayo Zacatecas y como machos a Navidad 1165, Manzano, Flor de Mayo Criollo, Pinto Nacional 1 y Durango 222, así como 25 híbridos F_1. En la evaluación se usó un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, en condiciones de secano, en el Estado de Durango, México. En la obtención de los híbridos F_1, los progenitores hembras y machos se cruzaron de acuerdo al Diseño II de Carolina del Norte. Los mayores valores de heterosis fueron: 94.3 % para rendimiento de grano (RGP), 15.7 % para peso de cien semillas (PS); de 61.1 % para vainas por planta (VP), de 35.4 % para granos por vaina (GV), y 27.1 % para días a floración (DF). El mayor valor de heterobeltiosis para RGP fue de 80.8 %, de 13.7 % para PS y 38.2 % para VP. La heterosis útil presentó valores positivos altos para RGP, VP, GV y longitud de vaina. Las cruzas 1 x 8, 1 x 10, 2 x 6, 3 x 8, 5 x 8 y 5 x 10 presentaron los mayores valores de heterosis para rendimiento, y sus progenitores se identificaron como variedades sobresalientes.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., diversidad genética, componentes del rendimiento, heterobeltiosis.

SUMMARY

Studies on heterosis in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) were conducted with the varieties Bayo Victoria, Bayo Río Grande, Negro Portezuelo, Flor de Mayo RMC, and Bayo Zacatecas as female parents and Navidad 1165, Manzano, Flor de Mayo Criollo, Pinto Nacional 1 and Durango 222 as male parents, and 25 F_1 hybrids. The evaluation was done using a complete randomized block design with two replications, under dryland conditions in the State of Durango, México. To obtain the F_1 hibrids, the female and male parents were crossed according to the North Carolina design II. The highest heterosis values were 94.3 % for grain yield (RGP), 15.7 % for 100 seed weight (PS), 61.1 % for pods per plant (VP), 35.4 % for seeds per pod (GV), and 27.7 for days to fbloom (DB). The highest values for heterobeltiosis were 80.8 % for RGP; 13.7 % for PS, and 38.1 % for VP. Useful heterosis was positive with high values for RGP, VP, GV, and pod length. The hibrids 1 x 8, 1 x 10, 2 x 6, 3 x 8, 5 x 8 and 5 x 10 showed the highest level of heterosis, and their parents were identified as outstanding varieties.

Index words: *Phaseolus vulgaris* L., genetic diversity, yield components, heterobeltiosis.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa muy importante por su contenido de proteína y por el alto consumo de este grano en México y otros países. La superficie dedicada a su cultivo es de aproximadamente dos millones de hectáreas por año, de las cuales cerca de 15 % se desarrollan bajo condiciones de riego con un rendimiento de 1300 kg ha^{-1}; la superficie restante se cultiva bajo condiciones de temporal o secano con rendimientos aproximados a 500 kg ha^{-1} (Kuruvadi y Piña, 1991).

La información acerca de cruzas dialélicas es útil para determinar la acción génica en los progenitores y para estudiar la heterosis en rendimiento y sus componentes. Diversos investigadores (Fooland y Bassiri, 1983; Nienhuis y Singh, 1986; Rodríguez y Kuruvadi, 1990; Singh *et al.*, 1992; Acosta y Arrieta, 1994) han estudiado la heterosis para diferentes características agronómicas del frijol, bajo condición de riego y alta fertilización, e identificaron progenitores con altos valores de aptitud combinatoria general y cruzas sobresalientes con valores altos de aptitud combinatoria específica. Sin embargo, existe poca información de la heterosis en variedades de alto rendimiento que se siembran en los Estados del Norte de México en condiciones de temporal.

En esta investigación se utilizaron 10 progenitores seleccionados por su potencial de rendimiento en riego y temporal, así como por su amplia variabilidad para componentes del rendimiento. Estos progenitores y 25 híbridos se evaluaron en condiciones de temporal, con el objetivo de estudiar la heterosis, heterobeltiosis y heterosis útil para diferentes características cuantitativas en frijol común, y para seleccionar aquellos híbridos que superaran a sus

Recibido: 13 de Octubre del 2000.
Aceptado: 30 de Octubre del 2001.

progenitores, en las diferentes características evaluadas bajo la hipótesis de que la heterosis resultante de la hibridación sería baja, por ser el frijol una especie autógama.

Kuruvadi (1991) expresa que la heterosis se debe a la presencia de genes dominantes heterocigotos en condición favorable, a la sobredominancia en donde el heterocigoto es superior a ambos homocigotos, por efectos epistáticos, o debido a genes con acción pleiotrópica.

Según Kuruvadi *et al.* (1993), con la heterosis se comparan las características de la generación F_1 con el promedio de ambos progenitores, mientras que en la heterobeltiosis se compara la F_1 con el progenitor superior; agregan que el objetivo del mejoramiento genético en cualquier cultivo, es desarrollar materiales altamente rendidores, ya sea líneas puras, híbridos potenciales o poblaciones sobresalientes, en comparación con el progenitor superior. Similarmente, Parga *et al.* (1992) señalan que la importancia y utilización de la heterosis, depende de los incrementos en el rendimiento y el grado en que se manifiestan otros caracteres de interés agronómico y económico, con respecto al mejor de los progenitores; o sea, de la heterobeltiosis.

Allard (1980) menciona que los cruzamientos de progenitores de diferentes orígenes produjeron mayor heterosis que los de progenitores relacionados, y que el grado de heterosis en cruzamientos varietales de especies autógamas, como cereales, chícharo (*Pisum sativum* L.) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), es menor que en plantas alógamas, aunque algunos híbridos F_1 logran superar en vigor al mejor progenitor. La máxima expresión de heterosis se espera obtener de la cruza entre dos líneas puras, porque el híbrido contiene un mayor número de genes heterocigóticos (Robles, 1986). Otro factor que contribuye a aumentar el vigor híbrido es la eliminación de genes deletéreos durante los procesos de autofecundación y homocigosis al formar las líneas puras. Además, Robles (1986) considera que la expresión de la heterosis se debe a la acción conjunta de todos los genes interalélicos e intralélicos que intervienen.

Al trabajar con chícharo, Gritton (1975) encontró que las generaciones F_1 fueron consistentemente más rendidoras que el mejor progenitor de la cruza, con una superioridad de 28 % en promedio de dos años y dos localidades.

Beaver y Kelly (1989) señalan que los rendimientos de frijol obtenidos en la F_2 fueron mayores que los obtenidos en generaciones posteriores, lo que sugiere que la heterosis es más importante en generaciones tempranas que en generaciones posteriores.

Según Singh (1989), se pueden presentar serias dificultades cuando se cruzan genotipos provenientes de diferentes conjuntos génicos, pero estas cruzas divergentes también pueden proporcionar mayor oportunidad para el desarrollo de germoplasma de frijol con alto rendimiento potencial.

La heterosis significativa en cruzas entre medios hermanos puede ser debida a ligamiento en la fase de repulsión de genes dominantes, o simplemente debido a asociaciones de alelos en los progenitores endogámicos (Wassimi *et al.*, 1986).

La heterosis en la progenie F_1 también ha sido usada como un indicador de la diversidad genética entre progenitores (Martin *et al.*, 1995). Si se supone que la heterosis es función de la heterocigocidad, entonces la heterosis puede ser un indicador de la diversidad parental.

MATERIALES Y MÉTODOS

La formación de los híbridos se hizo en los invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, mientras que los progenitores e híbridos fueron evaluados en el Estado de Durango, en el Campo Experimental del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 3 (CEBTA No. 3).

Los progenitores hembra utilizados fueron los genotipos de frijol: 1)Bayo Victoria, 2)Bayo Río Grande, 3)Negro Portezuelo, 4)Flor de Mayo RMC, 5)Bayo Zacatecas; y como machos a las variedades 6)Navidad 1165, 7)Manzano, 8)Flor de Mayo Criollo, 9)Pinto Nacional 1 y 10)Durango 222, previamente seleccionados por su potencial de rendimiento, adaptación y rasgos agronómicos favorables, en ensayos de evaluación realizados de 1980 a 1992 en el Centro de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias del Estado de Durango (CIFAP-Durango), Colegio de Postgraduados y la UAAAN. Además estos materiales genéticos presentan amplia variabilidad en los componentes del rendimiento, como vainas por planta, semillas por vaina, peso de semilla, y en otras variables como color de testa, tolerancia a factores adversos, tamaño y densidad de estomas, tasa de transpiración, arquitectura de la planta, hábito de crecimiento y días a madurez fisiológica.

Los genotipos fueron sembrados en los invernaderos de la UAAAN en Saltillo, Coahuila en diferentes fechas de siembra, desde el mes de marzo de 1994 a enero de 1996, para asegurar la sincronía de la floración entre los materiales utilizados y para disponer siempre de flores para emascular y polinizar, y así realizar el mayor número posible de cruzas directas de acuerdo al Diseño II de Carolina del

Norte (Comstock y Robinson, 1948). La siembra de los progenitores en el invernadero, fue en la siguiente forma: en camas de un metro de ancho y doce metros de largo se sembraron tres hileras con una separación de 50 cm y una distancia de 15 cm entre plantas. Cada progenitor femenino fue asignado a dos metros lineales de una de las hileras laterales, dejando una separación de 50 cm entre cada progenitor. En seis metros de la hilera central se sembraron los machos en una distribución de un genotipo por metro lineal.

En la otra hilera lateral y los seis metros restantes de la hilera central se realizó una segunda siembra, 21 días más tarde. El mismo procedimiento se repitió en el ciclo otoño-invierno de 1994, en 1995, y en primavera-verano de 1996.

Para evitar el entrecruzamiento de las guías, cada planta fue sujetada verticalmente con hilos atados a un alambre colocado en la parte superior del invernadero.

Con los primeros cinco genotipos asignados como hembras y los restantes cinco identificados como machos, se obtuvieron 25 cruzas directas o híbridos. La siembra de los progenitores y las 25 poblaciones F_1 fue realizada el día 30 de junio de 1996 en terrenos del CEBTA No. 3, ubicado en el Km 7.5 de la carretera a Ferrería, en Durango, Durango. Para su evaluaci{on se utilizó un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. Cada repetición fue formada por los progenitores y los 25 híbridos. La parcela consistió de un surco de 3 m de largo y la distancia entre surcos fue de 80 cm y 15 cm entre plantas dentro del surco. La parcela útil consistió de diez plantas individuales con competencia completa, y tomadas al azar para el registro de los datos.

El experimento se desarrolló exclusivamente con la precipitación ocurrida a partir del mes de junio y hasta el término del ciclo del cultivo. Las lluvias ocurridas en el mes de junio (30.8 mm) permitieron tener la humedad suficiente para realizar la siembra; sin embargo, en los meses de julio, agosto y septiembre la precipitación fue de 86.5, 119.2 y 106.8 mm, respectivamente; en el mes de octubre la precipitación disminuyó significativamente. La cosecha de este cultivo se hizo conforme fue ocurriendo la madurez en cada genotipo.

En las plantas etiquetadas en todos los tratamientos, se registraron los siguientes datos: días a floración (DF), rendimiento por planta (g), longitud de vaina (cm), número de vainas por planta, número de granos llenos por vaina, peso de 100 semillas (g). Los promedios de cada carácter fueron utilizados para estimar heterosis, heterobeltiosis y heterosis útil para diferentes características cuantitativas.

Heteterosis, heterobeltiosis y heterosis útil

La estimación de la heterosis (H), heterobeltiosis (HB) y heterosis útil (HU) de las características agronómicas bajo estudio, se estimaron con las siguientes fórmulas:

$$\text{Heterosis} = \frac{F1 - (P_1 + P_2)/2}{(P_1 + P_2/2} x100$$

donde:
F_1 = promedio de una cruza; P_1 = promedio del progenitor 1; P_2 = Promedio del progenitor 2.

$$\text{Heterobeltiosis} = \frac{F_1 - MP}{MP} x100$$

donde:
MP = promedio del mejor progenitor.

$$\text{Heterosis útil} = \frac{F_1 - MVC}{MVC} x100$$

donde:
MVC = variedad comercial más usada en la región.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de heterosis encontrados oscilaron entre -27.17 y 94.31 %, con un promedio de 23.81 %; seis de las 25 cruzas estudiadas manifestaron heterosis negativa para rendimiento de grano por planta, y fueron las cruzas 1 x 9, 2 x 10, 4 x 7, 4 x 8, 4 x 10 y 5 x 7 (Cuadro 1). Tales casos de heterosis negativa pudieron deberse a la presencia de efectos interalélicos o intralélicos que redujeron la expresión del carácter en cuestión. De hecho estas cruzas con heterosis negativa en rendimiento de grano, también la tuvieron en los componentes del rendimiento. Esto coincide con la definición de heterosis propuesta por Robles (1986), en el sentido de que la heterosis para rendimiento debe ser la sumatoria de la acción de genes que contribuyen a éste.

Con frijol, Fooland y Bassiri (1983) registraron valores de heterosis altos y significativos para rendimiento, número de vainas y semillas por planta, número de semillas por vaina y número de días de siembra a floración, con máximos de 133, 104.9, 86.1, 33.9, 0.5 y 4.5 %, respectivamente. En cambio, Sarafi (1978) observó heterosis positiva en rendimiento y peso de semilla, pero no en el número de vainas por planta y semillas por vaina.

Los valores de heterosis positiva para rendimiento de frijol encontrados en esta investigación son similares a los reportados por los investigadores antes citados, pero muy superiores a los reportados por Gutiérrez y Singh (1985) cuyo rango osciló de 27.8 a 47.3 %, sobre el valor medio de los progenitores y ninguna de las cruzas mostró heterosis para vainas por planta. En el presente estudio la

Cuadro 1. Heterosis (%) para diferentes características agronómicas en híbridos de frijol común en condiciones de temporal.

Cruza	Rendimiento de grano	Peso de 100 semillas	Vainas por planta	Longitud de vaina	Granos por vaina	Días a floración
1 x 6	9.00	6.58	-3.06	3.27	-2.35	27.17
1 x 7	12.56	10.36	0.75	7.31	7.80	-3.00
1 x 8	54.94	15.33	28.06	11.09	21.87	1.90
1 x 9	-4.30	-1.18	-5.51	8.49	-1.40	10.42
1 x 10	86.46	15.35	51.85	20.30	35.41	2.94
2 x 6	74.10	14.68	37.52	10.88	5.13	10.58
2 x 7	28.38	5.84	-7.58	-6.67	-17.63	-13.19
2 x 8	6.21	8.33	9.50	12.65	15.71	-11.84
2 x 9	27.77	-2.00	14.70	11.06	11.87	-1.32
2 x 10	-26.68	-17.11	-20.40	-2.36	-0.12	3.77
3 x 6	34.14	15.08	55.03	10.74	2.66	1.48
3 x 7	30.71	15.72	22.68	3.53	-12.35	-10.43
3 x 8	59.97	12.48	61.15	7.15	-7.35	-2.50
3 x 9	6.68	-13.72	1.16	- 1.57	-3.58	2.70
3 x 10	21.71	1.44	4.64	3.09	-3.11	-5.13
4 x 6	29.59	13.65	3.42	8.12	8.56	3.30
4 x 7	-27.17	-0.45	-18.55	4.72	3.50	3.35
4 x 8	-1.76	6.79	-13.50	4.29	8.19	-0.46
4 x 9	1.00	0.31	0.40	12.86	8.28	13.43
4 x 10	-15.55	2.75	-22.37	-2.54	5.05	2.35
5 x 6	33.79	4.60	12.90	6.52	8.28	13.33
5 x 7	-4.41	-2.81	-7.45	-2.33	-8.44	5.31
5 x 8	58.06	14.97	-5.12	15.44	21.99	-4.15
5 x 9	5.74	-1.22	-4.16	6.83	12.88	5.53
5 x 10	94.31	11.85	48.79	11.80	16.94	4.27
Prom.	23.81	5.51	9.79	9.25	5.51	2.39
Desv. est.	32.87	8.98	24.40	6.39	11.77	8.65

Cuadro 2. Heterobeltiosis (%) para diferentes características agronómicas en 25 cruzas en frijol común en temporal.

Cruza	Rendimiento de grano	Peso de 100 semillas	Vainas por planta	Longitud de vaina	Granos por vaina	Días a Floración
1 x 6	5.18	-6.66	-4.52	-4.05	-9.72	12.24
1 x 7	1.56	-7.17	-2.33	1.22	-2.67	-4.90
1 x 8	21.10	-10.58	23.29	3.13	9.33	-4.46
1 x 9	-9.52	-11.32	-6.83	0.34	-8.07	8.16
1 x 10	74.97	8.89	34.16	9.04	27.81	-0.94
2 x 6	72.95	-2.43	19.60	8.83	-3.43	-13.53
2 x 7	20.48	-6.20	-18.49	-6.91	-22.48	-23.31
2 x 8	-14.30	6.02	-8.91	10.46	9.64	-18.80
2 x 9	25.92	-18.50	-2.67	8.47	1.93	-15.79
2 x 10	-28.31	-33.94	-38.31	-6.65	-10.06	-6.77
3 x 6	32.52	11.67	32.97	75.30	1.76	-19.53
3 x 7	18.13	13.72	6.68	3.00	-13.83	-19.53
3 x 8	24.32	0.05	32.33	5.87	-9.57	-8.59
3 x 9	1.25	-18.50	-15.30	-3.13	-5.28	-10.94
3 x 10	14.61	-8.91	-19.83	-0.72	-6.03	-13.28
4 x 6	18.00	9.19	-8.18	5.29	-0.85	-12.15
4 x 7	-37.71	-1.18	-26.64	0.39	-3.17	0.93
4 x 8	-26.45	-4.15	-26.64	1.65	1.90	-2.68
4 x 9	-9.76	-6.15	-13.08	10.44	-1.90	6.54
4 x 10	-25.07	-8.56	-38.79	-2.57	-5.94	1.87
5 x 6	21.24	-4.98	5.42	-0.33	2.05	-2.86
5 x 7	-7.33	-15.35	-14.87	-10.10	-15.78	3.81
5 x 8	37.96	-8.10	-6.71	8.11	11.48	-7.14
5 x 9	-2.30	-7.93	-7.99	0.47	7.29	0.00
5 x 10	80.86	9.91	38.19	7.56	12.57	3.77
Prom.	12.412	-4.845	-2.697	5.005	-1.321	-5.915
Desv. est.	31.36	10.90	22.04	15.71	10.60	9.53

máxima heterosis registrada para la variable vainas por planta fue de 61.1 %, en la cruza 3 x 8 cuyos progenitores son materiales criollos de alto rendimiento, el primero del Sur del país y el segundo de la región Centro Norte de México. Esta diferencia en origen y probablemente genética, pudo ser la causa de la alta heterosis observada. En cruzamientos con otros materiales, el genotipo 8 también presentó altos valores de heterobeltiosis en diversas características.

La heterobeltiosis osciló de -37.71 a 80.86 %, y 16 cruzas de 25 manifestaron valores positivos de 1.25 a 80.86 % en la variable rendimiento de grano por planta (Cuadro 2). Los altos valores de heterosis y heterobeltiosis aquí observados pueden ser el resultado de usar variedades mejoradas con acumulación de genes favorables para características cuantitativas, además de presentar diversidad genética y geográfica. Al respecto, Bailey y Comstock (1976) consideran que la posibilidad de recobrar una progenie genotípica superior es mayor si ambos progenitores son similares en comportamiento, que cuando un progenitor es inferior al otro en uno o más rasgos; estos autores agregan que la diversidad genética entre progenitores es necesaria para derivar segregantes transgresivos de una cruza.

Aunque kis valores aquí obtenidos de heterobeltiosis son altos (Cuadro 2), son muy inferiores a los reportados por Miranda (1967) en frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.) que fueron de 438.6, 229.6 y 305.8 % de heterobeltiosis. Los máximos valores de heterobeltiosis registrados aquí fueron de 80.86, 13.72, 38.19 y 27.81 % para rendimiento de grano, peso de 100 semillas, vainas llenas y granos por vaina, respectivamente. Es de destacarse que las cruzas más sobresalientes en heterobeltiosis fueron las mismas que en heterosis, excepto una.

La heterosis útil (HU) se basa en el rendimiento de la mejor variedad regional, que aquí corresponde a la variedad Bayo Victoria. Esta variedad fue liberada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias de Durango en 1989, es sembrada en el Estado de Durango y presenta alto rendimiento en condiciones de temporal.

El porcentaje de HU para rendimiento de grano alcanzó un valor máximo de 74.97 %; en peso de 100 semillas la HU fluctuó de –41.62 a 8.88 %, y en el número de vainas por planta presentó un rango de –18.63 a 91.61 % (Cuadro 3).

Cuadro 3. Heterosis útil (5) para diferentes características agronómicas de los híbridos de frijol común en condiciones de temporal.

Cruza	Rendimiento de grano	Peso de 100 semillas	Vainas por planta	Longitud de vaina	Granos por vaina	Días a floración
1 x 6	5.18	-6.67	-1.55	11.85	6.33	12.24
1 x 7	1.56	-7.18	4.04	14.23	20.78	-1.02
1 x 8	21.10	-10.59	23.29	20.45	37.65	9.18
1 x 9	-9.52	-11.33	-6.83	18.15	6.33	8.16
1 x 10	74.97	8.88	34.16	34.21	43.98	7.14
2 x 6	60.81	-26.69	66.77	26.87	35.84	17.35
2 x 7	10.54	-36.00	13.66	5.04	9.04	4.08
2 x 8	-21.37	-41.62	27.02	29.02	54.22	10.20
2 x 9	15.53	-35.22	35.71	27.73	43.37	14.29
2 x 10	-34.22	-41.35	-13.98	14.90	26.51	26.53
3 x 6	26.26	-16.10	91.61	1104.36	21.99	5.10
3 x 7	12.55	-19.63	53.73	17.43	6.93	5.10
3 x 8	18.44	-29.29	90.68	23.65	13.86	19.39
3 x 9	-3.54	-35.22	22.05	14.06	13.55	16.33
3 x 10	9.19	-19.12	15.53	22.21	12.65	13.27
4 x 6	33.61	-17.96	22.05	29.53	41.27	-4.08
4 x 7	-29.47	-31.57	-2.48	23.50	37.95	10.20
4 x 8	-16.72	-33.63	-2.48	25.04	45.18	11.22
4 x 9	2.17	-25.41	15.53	35.86	39.76	16.33
4 x 10	-15.17	-18.81	-18.63	19.92	34.01	11.22
5 x 6	12.73	-12.61	8.70	22.68	20.18	4.08
5 x 7	-25.44	-22.15	-9.32	10.66	4.52	11.22
5 x 8	4.22	-15.48	-13.66	33.08	40.36	6.12
5 x 9	-12.96	-15.32	-10.56	23.67	24.10	7.14
5 x 10	58.58	1.09	23.60	32.40	26.81	12.24
Prom.	7.96	-20.76	18.75	25.62	26.69	10.12
Desv. est.	27.76	12.93	30.39	18.19	14.85	6.49

Se considera que en este estudio los valores de heterosis son altos, probablemente como consecuencia de que durante el proceso de mejoramiento de las variedades utilizadas, se acumularon genes heterocigotos favorables para algunos rasgos, a la vez que se perdieron genes deletéreos y de baja calidad. Por ello, al formar el híbrido se complementaron los genes de los progenitores para dar lugar a la aparición de híbridos superiores. Además, al utilizar materiales con amplia variabilidad genética y de diverso origen se propicia una mayor heterosis, de acuerdo con Kuruvadi (1988) quien reporta que generalmente los progenitores de origen diverso expresan más heterosis para rendimiento y sus componentes, que los progenitores relacionados; además, la progenie exhibe un amplio espectro de variabilidad para la selección de genotipos superiores.

CONCLUSIONES

En frijol, es posible encontrar altos valores de heterosis, heterobeltiosis y heterosis útil.

La divergencia genética entre progenitores y eliminación de caracteres negativos en las variedades mejoradas utilizadas en la presente investigación, permitió la identificación de cruzas con altos valores de heterosis y conservación de características favorables en los híbridos.

Los genotipos mejorados con mayor diversidad geográfica, usados en esta investigación como progenitores de híbridos, permitieron la expresión de altos valores de heterosis en diferentes características de frijol común.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta G, J A, M P Arrieta M (1994) Aptitud combinatoria general y específica de progenitores de frijol tipo flor de mayo. Proyecto Colaborativo INIFAP-MSU. *Phaseolus* 9: 27-32.

Allard R W (1980) Principios de la Mejora Genética de las Plantas. J. L. Montoya (Trad.). 4ª Ed. OMEGA S.A. Barcelona, España. p p: 226-246.

Bailey T B, R E Comstock (1976) Linkage and the synthesis of Better genotypes in self-fertilizing species. Crop Sci. 16:363-370.

Beaver J S, J D Kelly (1989) Yield compensation of beans grown in hill-plots. HortScience 24:137-138.

Comstock R E, H F Robinson (1948) The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. Biometrics 4: 254-266.

Fooland M R, A Bassiri (1983) Estimates of combining ability, reciprocal effects and heterosis for yield and yield components in a common bean diallel cross. J. Agric. Sci. Cambridge 100: 103-108.

Gritton E T (1975) Heterosis and combining ability in a diallel cross of peas. Crop Sci. 15: 453-457.

Gutiérrez J A, S P Singh (1985) Heterosis and inbreeding depression in dry bush beans. Can. J. Plant Sci. 65: 243-249.

Kuruvadi S (1988) Multivariate analysis of genetic divergence in wheat. Turrialba 38: 267-271.

_____ **(1991)** Diallel analysis and heterosis for yield and associated characters in durum wheat under upland condition. Turrialba 41: 335-338.

_____, **B Méndez B, L A Muñoz R (1993)** Análisis dialélico y heterosis para diferentes características cuantitativas en sorgo forrajero. Agraria 9: 99-107.

_____, **R Piña P (1991)** Respuesta del frijol común sobre el rendimiento y sus componentes con pretratamiento de semilla bajo condiciones de temporal. Agraria 7: 106-117.

Martin J M, L E Talbert, S P Lanning, N K Blake (1995) Hybrid performance in wheat as related to parental diversity. Crop Sci. 35: 104-108.

Miranda C S (1967) Heterosis en *Phaseolus lunatus* L. (Frijol lima). Agric. Téc. Méx. 7: 291-298.

Nienhuis J, S P Singh (1986) Combining ability analysis and relationships among yield, yield components and architectural traits in dry bean. Crop Sci. 26:21-27.

Parga T V M, S Kuruvadi, A Palomo G, F Borrego E (1992) Heterosis para diferentes características cuantitativas en algodón (*Gossypium hirsutum* L.) Agraria 8:145-153.

Robles S R (1986) Genética Elemental y Fitomejoramiento Práctico. Ed. LIMUSA. México, D. F. 477 p.

Rodríguez F G, S Kuruvadi (1990) Aptitud combinatoria general y específica para diferentes características cuantitativas en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Turrialba 40:346-352.

Sarafi A (1978) A yield-component selection experiment involving American and Iranian cultivars of the common bean. Crop Sci. 18:5-7.

Singh S P (1989) Patterns of variation in cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). Econ. Bot. 43:39-57.

_____, **H Terán, A Molina, J A Gutiérrez (1992)** Combining ability for seed yield and its components in common bean of andean origin. Crop Sci. 32:81-84.

Wassimi N N, T G Isleib, G L Hosfield (1986) Fixed effect genetic analysis of a diallel cross in dry beans (Phaseolus vulgaris L.).

Theor. and Appl. Genet. 72: 449-454.