

Aptitud Combinatoria General y Específica para Diferentes Características Cuantitativas en Frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.)¹

F.G. Rodríguez*, S. Kuruvadi**

ABSTRACT

General and specific combining ability studies were made utilizing six parents and their 15 hybrids with the aim of identifying better parents and superior crosses. The analysis of variance and analysis of combining ability indicated significant differences for the majority of the characters studied. The proportion of GCA and SCA indicated that GCA was predominant in the inheritance of pods per plant, number of seeds per pod, 100 seed weight, number of internodes, days to flowering and physiological maturity; while for grain yield and plant height GCA and SCA contributed in almost equal proportions in the inheritance of these traits. The parents Negro Sinaloa, Negro Nayarit and Azufrado Pimono-78 were best combiners for the majority of the characters, while the varieties Azufrado Pimono-78 and Canario-72 were superior combiners for 100 seed weight. Negro Sinaloa and Negro Nayarit were excellent combiners for pods per plant and seeds per pod. Azufrado-200 was found to be a good combiner for earliness and dwarfism.

COMPENDIO

Se estudió aptitud combinatoria y específica, utilizando seis progenitores y 15 híbridos, con el objetivo de identificar los mejores progenitores y cruza superiores en frijol común. El análisis de variancia y aptitud combinatoria, indicaron diferencias significativas para la mayoría de los caracteres estudiados. La proporción de ACG:ACE indicó que la ACG es predominante en la herencia de número de vainas por planta, número de semillas por vaina, peso 100 semillas, número de entrenudos, días a floración y madurez fisiológica, mientras que el rendimiento y altura de planta, tanto ACG y ACE participan en su herencia casi en la misma proporción. Los progenitores Negro Sinaloa, Negro Nayarit y Azufrado Pimono-78 fueron los mejores combinadores para la mayoría de las características estudiadas, mientras que Azufrado Pimono-78 y Canario-72 fueron los combinadores superiores para peso de 100 semillas. Negro Sinaloa y Negro Nayarit fueron los mejores combinadores para número de vainas por planta y número de semillas por vaina. Azufrado-200 fue detectado como el mejor combinador para precocidad y baja estatura. Las cruza 4 x 5, 1 x 6, 1 x 3 y 2 x 5 para rendimiento; 1 x 6, 1 x 3, 3 x 6 y 2 x 5 para vainas por planta; 1 x 6 y 2 x 3 para semillas por vaina; 4 x 6, 3 x 4, 2 x 6 y 3 x 5 para peso de 100 semillas manifestaron altos valores de ACE. Generalmente, los progenitores con altos valores para los caracteres estudiados fueron los mejores combinadores y las cruza en donde intervinieron mostraron valores superiores de ACE.

INTRODUCCION

México es el centro de origen del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y entre las especies cultivadas del género *Phaseolus*, destaca el frijol común, considerado como uno de los cultivos más importantes, en razón de la superficie dedicada a su producción, la cantidad de grano que se consume y por la actividad económica que genera. En la actualidad, en México ocupa el segundo lugar en la dieta del pueblo y es su principal fuente de proteínas sobre todo en el medio rural.

1 Recibido para publicación el 8 de junio 1988

Parte del trabajo de tesis presentado para obtener el grado de Maestro en Ciencias, especialidad en Fitomejoramiento, del primer autor, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah Méx

* Investigador del Programa de Frijol del Campo Agrícola Experimental Valle del Fuerte Los Mochis, Sinaloa México

** Maestro-Investigador División de Agronomía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah México

Según Lépiz (12) el incremento en la producción de frijol en los años recientes se debe principalmente al desarrollo de variedades con alto potencial de rendimiento, al mejoramiento de prácticas agronómicas y al incremento de la superficie cultivada. Sin embargo, hasta ahora ha sido poco utilizada la aptitud combinatoria general y específica en el mejoramiento genético de esta leguminosa. Los estudios genéticos de frijol en el país son recientes, existiendo poca información sobre aptitud combinatoria, heterosis y acción de los genes para las características de rendimiento, sus componentes, así como de otras características agronómicas en las variedades actualmente manejadas en los programas de mejoramiento de frijol.

Sánchez (16) menciona que el método de análisis dialélico constituye una valiosa herramienta para asignar méritos a variedades como progenitores, con base en su comportamiento promedio de un número de cruza; este método de análisis permite además, conocer la naturaleza genética de algunos caracteres y la

elección del método más adecuado para obtener el máximo de avance en el mejoramiento genético.

Para desarrollar un eficiente mejoramiento de frijol, el fitomejorador, debe tener conocimientos sobre aptitud combinatoria general (ACG), específica (ACE) y heterosis de los diferentes caracteres cuantitativos; lo cual es una buena medida para seleccionar los progenitores racionalmente en el programa de hibridación y además, tal información es muy útil en la identificación de cruza superiores y también permite seleccionar las mejores combinaciones de plantas individuales en generaciones tempranas y avanzadas (6, 10, 13).

En esta investigación se utilizaron seis genótipos de frijol para desarrollar cruza dialélicas en todas las combinaciones posibles (sin recíprocas), con los siguientes objetivos: identificar los mejores progenitores a partir de ACG y seleccionar las mejores combinaciones de las cruza con altos valores de ACE para diferentes características agronómicas.

MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se llevó a cabo en los invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN) y en el Campo Agrícola Experimental Valle de Culiacán (CAEVACU) durante el período comprendido de mayo de 1986 a febrero de 1987.

Los seis genótipos (1. Azufrado Pimono-78, 2. Azufrado Regional, 3. Azufrado-200, 4. Canario-72, 5. Negro Nayarit, y 6. Negro Sinaloa), que se utilizaron como progenitores en este estudio, son materiales que han resultado sobresalientes para varias características agronómicas en los ensayos de evaluación en el Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacífico Norte (CIAPAN). Estos tienen una amplia gama de variabilidad para características como: rendimiento, hábito de crecimiento, altura de plantas, días a floración, días a madurez fisiológica, vainas por planta, granos por vaina, peso de 100 semillas, color de flor, etc.

Los seis progenitores citados se sembraron en los invernaderos de la UAAAN en tres diferentes fechas de siembra con intervalos de 15 días una de otra, con el fin de realizar el mayor número de cruzamientos en un solo sentido (directas) en todas las combinaciones posibles y obtener suficiente semilla híbrida.

Con los seis progenitores y sus 15 híbridos directos se estableció un experimento con 21 tratamientos durante el ciclo otoño-invierno 1986-87 bajo condiciones de riego en el Campo Experimental Auxiliar de

Aguaruto, Sinaloa, sembrándose el 31 de octubre de 1986, bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Cada parcela estuvo formada de tres surcos de tres metros de longitud, separadas entre sí a 0.75 m y como parcela útil se empleó el surco central. La densidad de siembra empleada fue de cuatro plantas por metro lineal para propiciar su máximo desarrollo fenotípico. La siembra de los 21 tratamientos se realizó en forma manual, depositando una semilla por golpe. En las parcelas donde se ubicaron los progenitores se sembraron los tres surcos con el mismo material, mientras que donde se ubicaron los híbridos, se emplearon seis semillas de cada cruz por surco central y se les intercaló una línea marcadora de frijol blanco de tipo ejotero, para igualar condiciones de competencia por no contar con la cantidad de semilla requerida para sembrar el surco completo y en los surcos laterales a la izquierda se sembró el progenitor femenino y a la derecha el progenitor masculino. Este tipo de siembra de los híbridos en el surco central y los progenitores en los surcos contiguos, facilitó comparar las características de los progenitores con las de los híbridos y la identificación del híbrido, así como una posible autofecundación para su eliminación.

El terreno, el cual es de tipo aluvión, se preparó con un barbecho, dos pasos de rastra y nivelación, se formaron los surcos y se aplicó un riego de presiembra para tener una germinación uniforme y establecimiento del cultivo. Se aplicó al experimento una dosis de fertilización de 46 kg de nitrógeno por hectárea, el cual se aplicó al voleo antes del riego de presiembra. Al momento de la siembra se aplicó Aldicarb 15 G en forma manual a razón de 6 kg/ha, depositando aproximadamente tres centímetros debajo de la semilla, para controlar insectos chupadores desde las primeras etapas de desarrollo de la planta. Aparte de la aplicación de Aldicarb 15 G se hicieron dos aplicaciones aéreas de insecticida para proteger al cultivo de *Diabrotica* spp. *Bemisia tabaci* y *Empoasca* spp. También se realizaron todas las prácticas culturales recomendadas por el Campo Agrícola Experimental Valle de Culiacán, para mantener el cultivo libre de malas hierbas y proporcionarle un mejor medio para su desarrollo y expresión biológica de los genótipos.

Se etiquetaron individualmente cinco plantas al azar por tratamiento del surco central para tomar los datos sobre ocho características agronómicas.

Los promedios de las diferentes características estudiadas se utilizaron para realizar el análisis de variancia, análisis de aptitud combinatoria general y específica, utilizando el método II y modelo 2 de la serie de análisis dialélicos de Griffing (6), mediante el cual se consideran los progenitores (P) y los P(P-1)/2 cruza posibles en un solo sentido.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis de variancia indicaron diferencias significativas para algunas características agronómicas, tales como rendimiento por planta (excepto en los híbridos), vainas por planta, número de semillas por vaina, peso de 100 semillas, número de entrenudos, altura de planta, días a floración y días a madurez fisiológica, en los genótipos, progenitores e híbridos incluidos, revelando una variabilidad considerable para todas las características estudiadas, por lo tanto, es posible desarrollar mejoramiento genético con estas poblaciones de frijol. En las comparaciones de progenitores vs híbridos se observaron diferencias para rendimiento por planta, número de semillas por vaina y altura de planta. El análisis de variancia de aptitud combinatoria específica, indicó diferencias significativas simultáneamente para número de semillas por vaina, peso de 100 semillas, número de entrenudos, días a floración, y días a madurez fisiológica, indicando la participación de variancia aditiva y no aditiva en la herencia de estas características. Mientras que el carácter número de vainas por planta fue significativa para ACG predominando una acción de genes del tipo aditivo y para rendimiento por planta, y altura de plantas que fueron significativas para ACE indicando que tuvieron un control genético en su herencia de variancia no aditiva.

Al examinar la magnitud de la proporción ACG/ACE indicó que la mayoría de las características estudiadas están controladas predominantemente por variancia aditiva a excepción de rendimiento por planta, que mostró igual proporción de variancia aditiva y no aditiva en su herencia. Estos resultados concuerdan en parte con los obtenidos por Nienhuis y Singh (14) quienes detectaron que tanto la acción de genes aditiva y no aditiva están involucradas en la expresión del rendimiento de frijol, y los componentes de éste y otros rasgos arquitectónicos, tienen acción de genes predominantemente aditiva.

Gritton (7) en un estudio sobre chícharo detectó que tanto la ACG como ACE fueron importantes para días a floración, altura de planta, vainas por planta, granos por vaina y rendimiento. Weber *et al.* (20) en soya también reportan que tanto la ACG como ACE son igualmente importantes para rendimiento de grano, altura de planta y madurez. Dickson (4), Leffel y Weiss (11) y Foolad y Bassiri (5) encontraron resultados similares en chícharo, soya y frijol respectivamente, y que una proporción ACG/ACE baja sugiere que probablemente sea más importante una acción génica no aditiva.

En la presente investigación se detectó que la variedad Negro Sinaloa manifestó el máximo rendimien-

to por planta individual, (Cuadro 1) el cual fue de 55.59 g, seguido por las variedades Negro Nayarit y Azufrado Pimono-78 con 45.45 y 45.32 g, respectivamente; las cuales fueron superiores a los demás progenitores pero iguales estadísticamente, mientras que el híbrido 4 x 5 expresó el máximo rendimiento (68.56 g), seguido por las cruces 1 x 6 (67.27 g), 2 x 5 (58.42 g), 4 x 6 (58.13 g) y 1 x 3 (57.71 g). Estas cruces fueron numéricamente superiores al resto de los híbridos estudiados (Cuadro 2). En todas las cruces de altos rendimientos estuvieron presentes uno o dos de los progenitores Negro Sinaloa, Negro Nayarit o Azufrado Pimono-78 que también fueron los de mayores rendimientos de grano Paschal y Wilcox (15) en soya y Foolad y Bassiri (5) en frijol, encontraron resultados similares donde en los híbridos superiores intervenían uno o ambos progenitores también con los altos rendimientos de semilla. El promedio de los progenitores e híbridos fue de 41.49 y 51.09 g, respectivamente, superando el promedio de los híbridos al de los progenitores con un 23.14%.

Los efectos de ACG de los progenitores en frijol para diferentes características agronómicas se presentan en el Cuadro 2. Los cultivares Negro Sinaloa, Azufrado Pimono-78 y Negro Nayarit mostraron valores positivos para los efectos de ACG y también estos progenitores fueron los que presentaron los rendimientos más altos. Los otros tres progenitores Azufrado-200, Azufrado Regional y Canario-72 manifestaron valores negativos para los efectos de ACG. Además, las variedades Negro Sinaloa y Negro Nayarit presentaron valores positivos para la mayoría de las características estudiadas, las cuales fueron: rendimiento por planta, número de vainas, número de semillas por vaina, número de entrenudos, días a floración y días a madurez. También Negro Sinaloa tuvo efectos positivos para altura de planta. Estas tres variedades fueron identificadas como combinadoras potenciales para diferentes características agronómicas.

Estos genótipos presentan una acción de genes aditivos, por tanto, pueden utilizarse como progenitores en un programa de hibridación para obtener recombinaciones superiores en lo progenie.

En muchos programas de mejoramiento los objetivos son desarrollar líneas puras sobresalientes, híbridos potenciales o poblaciones (compuestos y sintéticos superiores). Kuruvadi y Smith (10) consideran que para lograr estos objetivos el fitomejorador debe seleccionar los progenitores racionalmente, utilizando mayor diversidad genética o altos valores de ACG para rendimiento y sus componentes de los genótipos involucrados en las cruces. Singh (18) comenta que el conocimiento de la habilidad combinatoria de los progenitores ayuda a evitar combinaciones parentales que

Cuadro 1. Promedios de diferentes características agronómicas en los progenitores e híbridos en frijol común.

Progenitores o híbridos	Rendimiento por planta (g)	No. de vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas (g)	No. de entrenudos	Altura de planta (cm)	Días a floración	Días a madurez
Progenitores								
Negro Sinaloa (6)	55.59	59.33	5.53	16.96	15.73	81.60	50.67	105.33
Negro Nayarit (5)	45.35	60.93	5.27	15.46	15.60	77.80	51.33	103.00
Azufrado Pimono-78 (1)	45.32	30.67	4.19	40.45	8.60	42.80	38.93	96.33
Azufrado Regional (2)	37.91	39.62	5.04	23.76	14.07	88.67	44.33	96.00
Canario-72 (4)	37.37	25.93	4.75	37.49	12.33	86.93	43.67	91.67
Azufrado-200 (3)	27.57	26.00	3.72	27.77	8.00	41.60	36.00	91.00
Promedio	41.49	40.41	4.75	26.98	12.39	69.90	44.22	97.22
Híbridos								
4 x 5	68.56	52.12	4.78	28.65	12.82	105.25	46.33	95.67
1 x 6	67.27	58.78	5.02	25.62	12.66	121.00	45.67	98.00
2 x 5	58.42	59.25	4.48	21.72	14.42	93.58	46.00	96.67
4 x 6	58.13	42.42	4.40	23.40	13.33	105.00	46.00	94.33
1 x 3	57.71	43.31	4.02	36.56	9.81	59.75	36.67	94.00
3 x 6	50.59	55.48	3.89	23.65	12.35	91.62	46.00	98.33
2 x 3	50.01	40.15	4.42	27.72	13.47	93.89	43.33	95.33
2 x 6	48.82	55.00	4.06	22.42	12.22	91.56	46.00	98.67
1 x 5	47.75	47.33	4.91	23.41	12.67	91.22	45.67	96.67
1 x 4	46.83	28.58	4.49	38.33	12.50	93.92	45.33	97.67
1 x 2	46.63	31.77	4.46	29.68	11.31	103.75	41.67	94.67
2 x 4	44.66	34.22	4.83	29.65	12.56	104.14	40.67	92.67
3 x 4	43.46	34.28	3.59	37.49	10.67	98.35	39.67	94.33
3 x 5	43.21	48.07	4.25	25.88	11.52	83.88	45.33	99.00
3 x 6	34.32	46.39	5.08	15.29	14.56	70.60	50.67	100.67
Promedio	51.09	45.21	4.45	27.23	12.46	93.83	44.33	96.44

El número entre paréntesis fue el que se utilizó como progenitor en las cruces

producen híbridos y recombinantes pobres. Hamblin y Evans (8) y Nienhuis y Singh (14) proporcionaron evidencia de la importancia de la variancia aditiva en la herencia del rendimiento y sus componentes. Esto sugiere que los padres de altos rendimientos podrían dar buenas progenies y los cruzamientos pobres pueden descartarse en las primeras generaciones.

Las variedades Negro Sinaloa y Negro Nayarit mostraron altos valores negativos de ACG para peso de 100 semillas, mientras que las variedades Azufrado Pimono-78 y Canario-72 expresaron efectos de ACG altos y positivos. Por lo tanto, a las variedades de grano negro que intervinieron en este estudio se les puede mejorar esta característica a través de cruzamientos con progenitores como Azufrado Pimono-78 y Canario-72, realizando cruces simples, dobles o triples con presión de selección en la progente para alto peso de 100 semillas, mayor número de vainas por planta y granos por vaina simultáneamente, siguiendo el método de Pedigree. Bhullar *et al.* (2) sugirieron realizar cruces biparentales para generar mayor variabilidad para selección y acumulación de genes deseables entre los progenitores con valores positivos de ACG. Singh

(18) considera que para evitar combinaciones parentales que producen híbridos y recombinantes pobres se emplean retrocruzamientos, entrecruzamientos con líneas en generaciones tempranas, cruzamientos triples y dobles para aumentar la contribución genética de los progenitores deseables. Singh (19) menciona que se debe tener especial atención en la selección de padres para la hibridación sobre todo en relación con caracteres como el tamaño de semilla entre otros y que los padres con alta producción y con ACG positiva para rendimiento deben cruzarse con otros padres que posean características que favorezcan el rendimiento alto. Los cultivares Negro Sinaloa, Negro Nayarit, Azufrado Pimono-78 y Canario-72, pueden usarse como líneas componentes en un programa de selección recurrente, para incrementar la variabilidad genética, la frecuencia de genes deseables y así identificar genótipos superiores para rendimiento y sus componentes. Bhatia *et al.* (2) estudiaron la aptitud combinatoria en trigo duro y sugieren incluir los progenitores con altos valores de ACG para rendimiento y sus componentes en un programa de selección recurrente para la acumulación de genes aditivos favorables y explotación de la variancia de dominancia.

Cuadro 2. Estimaciones de los efectos de aptitud combinatoria general (gi) de progenitores para diferentes características agronómicas de frijol.

Progenitores	Rendimiento por planta	No. de vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas	No. de entrenudos	Altura de planta	Días a floración	Días a madurez
Azufrado Pimono-78	2.30	-4.47	-0.06	5.42	-1.31	-6.72	-2.06	-0.38
Azufrado Regional	-1.81	-0.91	0.07	-1.43	0.68	6.91	-0.47	-0.83
Azufrado-200	-4.79	-4.07	-0.51	1.97	-1.68	-12.28	-3.39	-1.71
Canario-72	-0.26	-7.92	-0.02	5.30	-0.09	8.94	-0.60	-2.33
Negro Nayarit	0.57	8.52	0.29	-5.53	1.24	-0.15	3.32	2.25
Negro Sinaloa	3.99	8.86	0.22	-5.73	1.17	3.30	3.20	3.00
Se (gi)	2.23	1.69	0.08	0.37	0.19	2.27	0.27	0.38
Se (gi-gi)	3.45	2.62	0.13	0.57	0.30	3.52	0.42	0.58

El número de entrenudos en el tallo principal es una característica importante en la contribución para rendimiento por planta, así como para la altura. Para número de entrenudos los progenitores con más altos valores fueron Negro Sinaloa, Negro Nayarit y Azufrado Regional, que también resultaron ser los mejores combinadores para esta característica. Para altura de planta los progenitores Canario-72 y Azufrado Regional fueron los combinadores superiores. Kohashi (9) menciona que el hábito de crecimiento indeterminado produce mayor número de ramas que el determinado y que esta característica determina el potencial de producción de flores, vainas y área foliar.

Para las características, días a floración y días a madurez fisiológica, los genótipos Azufrado-200, Azufrado Pimono-78, Azufrado Regional y Canario-72 manifestaron efectos de ACG negativos, por lo tanto, estos progenitores y sobre todo Azufrado Pimono-78 por su alto rendimiento y efecto positivo de ACG, pueden ser útiles en un programa de hibridación para formar variedades precoces, las cuales pueden escapar a la sequía o no afectar las rotaciones en regiones donde se practica una agricultura intensiva. Las variedades Negro Nayarit y Negro Sinaloa manifestaron efectos de ACG altos y positivos para las características antes mencionadas, las cuales son buenos combinadoras para formar variedades de ciclo intermedio o tardío.

Los híbridos 4 x 5, 1 x 6, 1 x 3 y 2 x 5 (Cuadro 3) presentaron simultáneamente valores altos y positivos de efectos de ACE, para diversas características, tales como rendimiento por planta, vainas por planta y peso de 100 semillas, por lo que hay que explotar estas cruzas en generaciones subsecuentes para la variancia no aditiva (efectos de dominancia, epistasia e interacción).

El estudio de los efectos de ACE indica en términos generales que los progenitores de altos rendimien-

tos y buenos combinadores con altos valores de ACG para diversas características se encuentran involucrados en las cruzas que manifestaron altos valores de ACE, por lo tanto, estas cruzas serán útiles en un programa de mejoramiento genético.

Resultados similares encontraron Singh y Jain (17) al estudiar cruzas dialélicas en *Phaseolus aureus*. Las cruzas 2 x 3, 3 x 4, 3 x 6, 4 x 6 expresaron valores intermedios para los efectos de ACE para rendimiento y otras características agronómicas.

Las cruzas 2 x 3 y 2 x 4 para número de semillas por vaina y los híbridos 4 x 6, 3 x 4, 2 x 6 y 3 x 5 para peso de 100 semillas produjeron efectos de ACE altos y positivos. Referente a la altura de planta 1 x 6, 1 x 2, 3 x 4, 3 x 6 y 2 x 3 produjeron altos valores en dirección positiva, mientras que las cruzas 1 x 3 y 2 x 6 manifestaron valores negativos. Para días a floración y días a madurez fisiológica las cruzas 1 x 4, 2 x 3, 3 x 5 y 3 x 6 tuvieron valores altos y positivos de efectos de ACE, las cuales pueden explotarse como genótipos intermedios o tardíos mientras que las más precoces fueron los híbridos 1 x 3, 2 x 4, 3 x 4, los cuales presentaron valores negativos y altos para los efectos de ACE.

Chung y Stevenson (3) al analizar diferentes características cuantitativas en frijol en cruzas dialélicas indicaron que las variancias de ACG y ACE fueron importantes en general para las características estudiadas, más sin embargo, ACG podría confundirse con un cierto grado de efectos dominantes. También mencionan que en el mejoramiento genético del frijol, los progenitores con altos valores de ACG tendrán mayor utilidad que los que posean altos valores de ACE y que en un programa diseñado para selección de líneas superiores en generaciones avanzadas, los efectos no aditivos se disipan o se deterioran en el comportamiento de la progenie.

Cuadro 3. Estimaciones de los efectos de aptitud combinatoria específica (Si) de 15 híbridos de frijol para diferentes características agronómicas.

Híbridos	Rendimiento por planta	No. de vainas por planta	No. de semillas por vaina	Peso de 100 semillas	No. de entrenudos	Altura de planta	Días a floración	Días a madurez
1 x 2	-2.21	-6.69	-0.10	-1.48	-0.53	16.56	-0.11	-0.79
1 x 3	11.85	8.01	0.06	1.01	0.34	-8.24	-2.19	-0.58
1 x 4	-3.56	-2.86	0.03	0.45	1.44	4.69	3.68	3.71
1 x 5	-3.47	-0.55	0.14	-3.64	0.28	11.10	0.10	-1.88
1 x 6	12.64	10.56	0.32	-1.23	0.35	37.42	0.23	-1.29
2 x 3	8.27	1.29	0.33	0.02	2.00	12.27	2.89	1.21
2 x 4	-1.61	-0.79	0.24	-1.38	-0.50	1.29	-2.57	-0.83
2 x 5	11.33	7.80	-0.41	1.52	0.03	-0.17	-1.15	-1.42
2 x 6	-1.69	3.21	-0.77	2.42	-2.09	-5.65	-1.02	-0.17
3 x 4	0.16	2.44	-0.41	3.07	-0.03	14.70	-0.65	1.71
3 x 5	-0.92	-0.22	-0.06	2.28	-0.51	9.33	1.10	1.79
3 x 6	3.05	7.86	-0.35	0.26	0.40	13.61	1.89	0.38
4 x 5	19.90	7.68	-0.03	1.72	-0.80	9.46	-0.69	-0.92
4 x 6	6.06	-2.35	-0.34	3.31	-0.21	5.76	-0.90	-8.00
5 x 6	-18.58	-14.83	-0.04	-0.61	0.31	-19.59	-0.15	-1.25
Se (Sij)	5.05	3.84	0.18	0.83	0.43	5.14	0.61	0.86
Se (Sij-Sik)	9.13	6.94	0.33	1.50	0.79	9.30	1.11	1.55
Se (Sij-Sil)	8.45	6.42	0.31	1.39	0.73	8.61	1.03	1.44

Nienhuis y Singh (14) estudiaron análisis de aptitud combinatoria a través de generaciones sucesivas y encontraron que los valores de ACE fueron inconsistentes, ya que en la F₁ tales valores fueron significativos y en la F₂ teóricamente fueron reducidos a la mitad.

vaina; 4 x 6, 3 x 4, 2 x 6 y 3 x 5 para peso de 100 semillas; 2 x 3 y 1 x 4 para número de entrenudos; por lo tanto, se recomienda explotar su potencial en generaciones futuras.

CONCLUSIONES

- Existe una variabilidad considerable para diferentes características agronómicas en los progenitores e híbridos.
- Se detectaron diferencias significativas de ACG y ACE para la mayoría de las características estudiadas, sin embargo, la proporción de ACG/ACE indica que predominantemente estos rasgos están controlados por variancia aditiva.
- Los progenitores Azufrado Pimono-78, Negro Sinaloa y Negro Nayarit fueron los mejores combinadores para rendimiento y otras características agronómicas estudiadas. Se recomiendan estas variedades para usarse como progenitores en los programas de hibridación para obtener recombinantes superiores.
- Las cruces 4 x 5, 1 x 6, 1 x 3 y 2 x 5 obtuvieron la mejor combinación específica para rendimiento; 1 x 6, 1 x 3, 3 x 6, 2 x 5 y 4 x 5 para vainas por planta; 2 x 3 y 1 x 6 para número de semillas por

LITERATURA CITADA

1. BHATIA, A ; BHULLAR, G S ; GILL, K.S. 1979. Combining ability in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Cereal Research Communications 7:49-53.
2. BHULLAR, G S ; GILL, K S ; BHATHIA, A. 1979. Combining ability over successive generations in diallel crosses of bread wheat. Cereal Research communications 7:207-210.
3. CHUNG, J H ; STEVENSON, E. 1973. Diallel analysis of the genetic variation in some quantitative traits in dry beans. Journal of Agriculture Research 16:223-231.
4. DICKSON, M H. 1967. Diallel analysis of seven economic characters in snap beans. Crop Science 7:121-124.
5. FOOLAD, M.R.; BASSIRI, A. 1983. Estimates of combining ability, reciprocal effects and heterosis for yield and yield components in common bean diallel cross. Journal Agriculture Science 100:103-108.

6. GRIFFING, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Science* 9: 462-493.
7. GRITTON, E.T. 1975. Heterosis and combining ability in a diallel cross of peas. *Crop Science* 15:453-457.
8. HAMBLIN, J.; EVANS, A.M. 1976. The estimation of cross yield using early generation and parental yield in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica* 25:515-520.
9. KOHASHI, S.J. 1979. Fisiología. In *Contribuciones al conocimiento del frijol (Phaseolus) en México*, C.P. Chapingo, Méx. p. 39-57.
10. KURUVADI, S.; SMITH, T. 1988. Combining ability and heterosis for root potential in two successive generations in macaroni wheat. *Rachis* J. International Center for Agricultural Research in Dry Areas Syria. (In press).
11. LEFFEL, P.C.; WEISS, M.G. 1958. Analysis of diallel crosses among ten varieties of soybeans. *Agronomy Journal* 50:528-534.
12. LEPIZ, I.R. 1980. Plan de Investigación. Programa Nacional de Frijol. México, INIA, SARH. p. 10-11.
13. LUPTON, F.G.H. 1960. Assessment of the combining ability of winter wheat varieties in breeding for yield. *Heredity* 14:458.
14. NIENHUIS, J.; SINGH, S.P. 1986. Combining ability analysis and relationships among yield, yield components and architectural traits in dry bean. *Crop Science* 26:21-27.
15. PASCHAL, E.H.; WICOX, J.R. 1975. Heterosis and combining ability in exotic soybean germplasm. *Crop Science* 15:344-349.
16. SANCHEZ, L.A. 1983. Evaluación de la aptitud combinatoria de algunos progenitores de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en base a caracteres de rendimiento y calidad. Tesis de Maestría en Ciencias. Saltillo, Coah. México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. p. 5.
17. SINGH, K.B.; JAIN, R.P. 1971. Analysis of diallel cross in *P. aerus* Roxb. *Theoretical and Applied Genetics* 41:279-281.
18. SINGH, S.P. 1985. Conceptos básicos para el mejoramiento del frijol por hibridación. In *Frijol: investigación y producción*. Cali, Col., CIAT. p. 109-126.
19. SINGH, S.P. 1986. Mejoramiento para potencial de rendimiento en frijol. In *Reunión del PCCMCA*, (32 San Salvador, El Sal.). p. 17-22.
20. WEBER, C.R.; EMING, L.I.; THORNE, J.C. 1979. Heterotic performance and combining ability of two-way F_1 soybean hybrids. *Crop Science* 10: 159-160.