

ESTIMACIÓN DE ACCIÓN DE GENES Y HEREDABILIDAD PARA DIFERENTES CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS EN FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.)

Sathyanarayanaiah Kuruvadi¹
Franklin Gerardo Rodríguez Cota²
Rafael A. Salinas Pérez³

RESUMEN

Se estudiaron parámetros genéticos a través del método 2 modelo 2 de la serie de análisis dialélicos de Griffing (1956), con el objeto de determinar el tipo de acción génica y heredabilidad en sentido estrecho y amplio, de ocho caracteres cuantitativos en frijol común. Se utilizaron seis progenitores y sus 15 híbridos. El análisis de varianza y aptitud combinatoria, indicaron diferencias significativas para la mayoría de los caracteres estudiados. La proporción ACG:ACE indicó que la ACG es predominante en la herencia de número de vainas por planta, semillas por vaina, peso de 100 semillas, número de entrenudos, días a floración y madurez fisiológica, mientras que en el rendimiento y altura de planta tanto la ACG y ACE participan en su herencia y casi en la misma proporción.

La investigación de la acción génica a través del análisis dialélico, coincidió con los resultados del estudio de parámetros genéticos para las características de número de vainas por planta, semillas por vaina, peso de 100 semillas, número de entrenudos, días a floración y días a madurez; en el sentido de que son controladas preferentemente por una acción génica aditiva, mientras que el rendimiento por planta y altura de planta manifestaron un tipo de acción génica no aditiva.

Al comparar los valores obtenidos de ambas heredabilidades se infiere que la heredabilidad en sentido amplio es mayor que la heredabilidad en sentido estrecho. Las características de peso de 100 semillas, días a floración, número de entrenudos, días a madurez y número de vainas por planta, presentan altos valores de heredabilidad en sentido estrecho. El número de semillas por vainas manifestó un valor intermedio, mientras que altura de planta y rendimiento presentaron valores bajos de heredabilidad.

1. Ph. D. Maestro-Investigador, Depto. de Fitomejoramiento Div. de Agronomía, UAAAN.

2. Tesista de Maestría

3. Investigador del Programa Frijol, Campo Experimental Valle del Fuerte, Los Mochis, Sinaloa.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo cuyo grano, rico en proteínas, ha jugado un papel muy importante en la alimentación del hombre, desde su domesticación hasta la fecha. Actualmente su cultivo está distribuido en todo el planeta incluyendo América, Europa, Asia y África, cultivándose en climas muy diversos, desde el nivel del mar hasta alturas superiores a los 2000 msnm. México es el centro de origen del frijol y en la actualidad ocupa el segundo lugar en la dieta del pueblo. El aumento en la producción de esta leguminosa en los años recientes se debe principalmente a la identificación de variedades sobresalientes en los bancos de germoplasma de frijol, por introducción y selección, y al mejoramiento de prácticas agronómicas.

En el mejoramiento genético de frijol es primordial estudiar herencia, acción de genes y heredabilidad para rendimiento, sus componentes y características agronómicas, a fin de seleccionar el método de mejoramiento adecuado en la formación de variedades superiores. Cuando el carácter por mejorar es de herencia simple, la selección de progenitores y métodos de mejoramiento se hace fácilmente. Sin embargo, cuando el carácter a mejorar es de control genético complejo o controlado por varios genes (por ejemplo el rendimiento), al mejorador se le presentan dificultades al tratar de seleccionar los métodos de mejoramiento para desarrollar variedades sobresalientes. Por lo tanto, es importante un conocimiento de la naturaleza de acción de genes de los caracteres bajo estudio, para elegir el método de selección más adecuado para lograr el máximo avance en el mejoramiento.

En esta investigación se utilizaron seis genotipos de frijol, seleccionados en base a su potencial de rendimiento y una gama de variabilidad genética de diversas características agromorfológicas, para desarrollar cruza dialélicas en todas las combinaciones posibles (sin recíprocas), con el objetivo de determinar el tipo de acción génica y heredabilidad en sentido estrecho y amplio en ocho caracteres cuantitativos de frijol.

REVISIÓN DE LITERATURA

Kuruvadi y Cortinas (1987a) al evaluar 20 genotipos de frijol común y estudiar correlaciones entre diferentes pares de características agronómicas encontraron que el rendimiento se correlacionó positivamente con vainas por planta, semillas por vaina y días a floración. Estos autores manifiestan que los fitomejoradores pueden utilizar las características vainas por planta, semillas por vaina y peso de 100 semillas, individualmente o en forma conjunta, para identificar genotipos superiores en un programa de mejoramiento de frijol.

Kuruvadi y Cortinas (1987b) estimaron heredabilidad en sentido amplio para diferentes características cuantitativas en frijol común. La heredabilidad en

sentido amplio presenta valores altos para las siguientes características: días a floración (97.6%), peso de 100 semillas (95.1%), rendimiento (84.8%), semillas por vaina (82.5%), altura de planta (82.1%) y vainas por planta (76%). Por lo tanto, la selección para estos rasgos es muy efectiva para mejorar rendimiento en un programa de mejoramiento genético de frijol. Estos valores de heredabilidad se consideran altos y pueden explicarse señalando que los genotipos en estudio representan a una población mejorada para altos rendimientos, a través de varias generaciones de selección.

Dickson (1967), al estudiar siete caracteres de importancia económica en frijol ejotero en un análisis dialélico, reporta que la varianza genética no aditiva fue predominante para número de semillas por planta, número de semillas en las mejores cinco vainas, longitud de vainas, número de vainas por planta y días a floración, y la varianza aditiva lo fue para altura de planta y anchura de vaina.

Singh y Jain (1971) al estudiar cruza dialélicas de cinco variedades de *Phaseolus mungo*, estimaron la habilidad combinatoria y acción génica para rendimiento de grano, granos por vaina y vainas por planta. Indican que tanto los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) fueron significativos e importantes para las tres características y observaron dominancia parcial para rendimiento de grano y dominancia parcial o sobredominancia para granos por vaina y vainas por planta; también mencionan que genes dominantes parecen gobernar la herencia de los tres caracteres. El análisis de los componentes de varianza indica que las tres características son influenciadas por la acción génica aditiva y no aditiva.

Foolad y Bassiri (1983) estimaron la aptitud combinatoria y efectos recíprocos para rendimiento y sus componentes en frijol común, y detectaron que el porcentaje de los cuadros medios para ACG y ACE fueron bajos para rendimiento, número de vainas y semillas por planta, y altos para peso de 100 semillas y días a floración; encontrando efectos recíprocos significativos para rendimiento y número de semillas por planta, pero estos efectos no se presentaron para peso de 100 semillas.

Gritton (1975) al estudiar aptitud combinatoria en chícharo, menciona que la aptitud combinatoria general y específica fueron importantes para días a floración, altura de planta, vainas por planta, granos por vaina, granos por planta, peso de semilla y rendimiento.

Chung y Stevenson (1973) consideran que los efectos aditivos y de dominancia fueron los responsables en la expresión de días a floración, número de vainas y peso de 100 semillas, y que para rendimiento los componentes dominantes constituyen la mayor parte de la herencia de este carácter; además, aseveran que la variación génica aditiva constituye sólo una pequeña porción de la varianza genética total. Sin embargo, al particionar los componentes de varia-

ción genética, indicaron que los componentes de dominancia fueron más importantes que los componentes aditivos, en tales caracteres, excepto para peso de 100 semillas. Este hecho confirma que días a floración y número de vainas, aunque mostraron aditividad, estuvieron fuertemente influenciados por dominancia. También observaron sobredominancia para número de vainas y para rendimiento.

Yassin (1973) señala que los componentes más importantes en muchas leguminosas son el número de vainas por planta, semillas por vaina y peso de la semilla y reporta que el rendimiento de semilla de frijol en el campo exhibe sobredominancia, mientras que los componentes del rendimiento mostraron un tipo de acción génica aditiva y una selección sobre los componentes de rendimiento sería mucho más precisa para incrementar el rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

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.

La mayoría de los cultivares con alta productividad y amplia adaptación en la zona frijolera de Sinaloa, han sido liberados por el Programa de Mejoramiento Genético de Frijol del Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacífico Norte (CIAPAN) y en la actualidad forman parte de su banco de germoplasma. Los seis genotipos (Azufrado Pimono-78, Azufrado Regional, Azufrado-200, Canario-72, Negro Nayarit y 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 durante varios años en el CIAPAN; los cuales tienen una amplia gama de variabilidad para características como: rendimiento, hábito de crecimiento, altura de planta, 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, bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Cada parcela estuvo formada de tres surcos de 3 m 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 sembró en los tres surcos el mismo material, mientras que donde se ubicaron los híbridos se emplearon seis semillas de cada cruza 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 de híbridos, así como una posible autofecundación para su eliminación.

El terreno, que 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. El experimento se fertilizó con 46 kg de nitrógeno por hectárea, el cual se aplicó al voleo antes del riego de presiembra. Al momento de la siembra se aplicó Témik 15 G en forma manual a razón de 6 kg/ha, depositando aproximadamente 3 cm debajo de la semilla, para controlar insectos chupadores desde las primeras etapas de desarrollo de la planta. Además de la aplicación de Témik 15 G, se hicieron dos aspersiones aéreas de insecticida para proteger al cultivo de diabrotica, mosca blanca y chicharrita. 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 genotipos.

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 varianza, análisis de aptitud combinatoria general y específica y de la acción génica involucrada en el control de dichos caracteres, utilizando el método 2 y modelo 2 de la serie de análisis dialélicos de Griffing (1956), mediante el cual se consideran los progenitores (P) y las P (P-1/2) cruza posibles en un solo sentido, y con las estimaciones de los componentes de varianza genética aditiva y fenotípica, se calculó la heredabilidad en sentido amplio (H^2) y en sentido estrecho (h^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 1) indicaron diferencias significativas para algunas características agronómicas tales como: rendimien-

Cuadro 1. Análisis de varianza y aptitud combinatoria para diferentes características agronómicas en frijol común.

Fuente de variación	Grado de libertad	Rend./ planta	Vainas por planta	Cuadrados medios Semillas/vaina	Peso de 100 semillas	No. de entrenudos	Altura de planta	Días a floración	Días a madurez
Repeticiones	2	506.87*	318.35*	0.20NS	9.43NS	0.93NS	277.29NS	2.78NS	2.91NS
Tratamientos	20	309.20*	418.60**	0.80**	163.66**	12.11**	1180.08**	52.03**	36.70**
Progenitores	5	272.03**	775.25**	1.40**	321.69**	34.76**	1126.15**	110.36**	102.62**
Híbridos	14	259.88NS	299.99**	0.56**	118.86**	4.88**	650.41**	34.91**	15.22**
Prog. vs híbridos	1	1185.57**	295.80NS	1.20*	0.80NS	0.06NS	7365.04**	0.16NS	7.79NS
ACG	5	76.36NS	401.84**	0.65**	202.86**	12.67**	535.50NS	60.02**	37.22**
ACE	15	11.96*	52.05NS	0.14**	5.15**	1.09**	345.98	3.12**	3.88**
Error	40	47.61	27.50	0.06	1.28	0.36	49.47	0.71	1.38
2	-	-4.45	43.72	0.06	24.72	1.45	23.69	7.11	4.17
g	-	64.36	24.55	0.08	3.83	0.73	296.51	2.41	2.50
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
s	-	1:1	8:1	5:1	40:1	12:1	2:1	19:1	10:1
ACG/ACE	-	24.72	20.72	9.64	7.22	8.34	14.00	3.29	2.11
C.V.(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Significancia al 5 %

** Significancia al 1%

NS No Significativo

to 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 genotipos, 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. Las comparaciones de progenitores vs híbridos se observaron diferencias para rendimiento por planta, número de semillas por vaina y altura de planta. En el análisis de varianza de aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica, se advierten diferencias significativas simultáneamente para número de semillas por vaina, peso de 100 semillas, número de entrenudos, días a floración y días a madurez fisiológica, lo que indica la participación de varianza aditiva y no aditiva en la herencia de estas características. Para el carácter número de vainas por planta, la diferencia fue significativa para aptitud combinatoria general (ACG) predominando una acción de genes del tipo aditivo; en cambio, el rendimiento por planta y altura de planta fueron significativas para aptitud combinatoria específica, lo que sugiere que tuvieron un control genético en su herencia de varianza no aditiva.

Al examinar la magnitud de la proporción ACG/ACE se aprecia que la mayoría de las características estudiadas están controladas predominantemente por varianza aditiva, a excepción de rendimiento por planta, que mostró igual proporción de varianza aditiva y no aditiva en su herencia. Estos resultados concuerdan, en parte, con los obtenidos por Nienhuis y Singh (1986) quienes detectaron que la acción de genes aditiva y no aditiva está involucrada en la expresión del rendimiento de frijol, y los componentes de éste y otros rasgos arquitectónicos tienen acción de genes predominantemente aditiva. Gritton (1975), en un estudio sobre chícharo, detectó que tanto la ACG como la ACE fueron importantes para días a floración, altura de planta, vainas por planta, granos por vaina y rendimiento. Weber *et al.* (1970), en soya, también reportan que tanto ACG como ACE son igualmente importantes para rendimiento de grano, altura de planta y madurez. Dickson (1967), Leffel y Weiss (1958) y Foolad y Bassiri (1983) encontraron resultados similares en chícharo, soya y frijol, respectivamente, y señalan que una proporción ACG:ACE baja sugiere que probablemente sea más importante una acción génica no aditiva, además, Leffel y Weiss (1958) y Foolad y Bassiri (1983) dicen que los componentes de varianza con valores negativos pueden ser interpretados como estimaciones de cero varianza.

En el Cuadro 2 se observa que la varianza aditiva contribuye en mayor proporción a la varianza genética total, para las características de número de vainas por planta, número de semillas por vaina, peso de 100 semillas, número de entrenudos, días a floración y días a madurez. El estudio de la acción génica a través de análisis dialélicos coincide con los resultados obtenidos del estudio de parámetros genéticos para estas características, referente a que son controladas preferentemente por una acción génica aditiva. Gritton (1975), Parker *et al.* (1970), Leffel y Weiss, (1968) y Foolad y Bassiri, (1983), encontraron resulta-

Cuadro 2. Componentes de varianza genética estimados para diferentes características agronómicas en frijol común.

Características	Varianza genética	Varianza aditiva	Varianza aditiva (%)	Varianza de dominancia	Varianza de dominancia (%)
Rendimiento por planta	64.36	0.00	0.00	64.36	100.00
Vainas por planta	112.00	87.45	78.08	24.55	21.92
Semillas por vaina	0.20	0.13	62.26	0.08	37.74
Peso de 100 semillas	53.27	49.44	92.81	3.83	7.19
No. de entrenudos	3.62	2.90	79.88	0.73	20.12
Altura de planta	343.89	47.38	13.78	296.51	86.22
Días a floración	16.63	14.23	85.59	3.85	14.41
Días a madurez	10.83	8.34	76.95	2.50	23.05

dos similares en chícharo, cacahuate, soya y frijol, respectivamente. Lo anterior, confirma que los componentes del rendimiento y características agronómicas en frijol común se pueden mejorar utilizando metodologías tradicionales de mejoramiento genético tales como: selección individual, masal, hibridación, selección por pedigree, etc.

En lo referente a varianza de dominancia, ésta presentó mayor aportación a la varianza genética total en rendimiento por planta y altura de planta. De acuerdo con estos resultados, el tipo de acción génica es de genes no aditivos, indicando que su expresión sólo puede ser predicha en F_1 y en las generaciones sucesivas tales predicciones son inestables. Esto puede ser debido a segregación y depresión en la manifestación de tales características. Hoegenmeyer y Hallauer (1976) indican que en un programa de mejoramiento, cuya finalidad es la formación de híbridos, se puede explotar más a los efectos no aditivos, como dominancia y epistasia.

Brauer (1983) define la heredabilidad como el cociente entre la variación hereditaria y la varianza total y también como a la estimación de la influencia que tienen los genes aditivos en la determinación de los caracteres cuantitativos. La heredabilidad, de acuerdo a su estimación, puede ser en sentido amplio y estrecho. En sentido amplio es la porción heredable del total de la varianza fenotípica. En sentido estricto indica la suma de los efectos de genes aditivos que un progenitor hereda a su progenie.

Las estimaciones de heredabilidad proporcionan información sobre la transmisión de caracteres de progenitores a su descendencia. Los valores de

heredabilidad facilitan la evolución de los efectos heredables y ambientales en la varianza fenotípica. Según Hanson y Robinson (1963) se pueden usar para predecir el avance genético del carácter bajo selección, en el mejoramiento de dicho carácter dependiendo del grado de heredabilidad.

Con las estimas de los componentes de varianza genética total, genética aditiva y fenotípica, se calculó la heredabilidad en sentido amplio (H^2) y en sentido estrecho (h^2) expresado en porcentaje para los diferentes caracteres estudiados (Cuadro 3). En este estudio, la heredabilidad en sentido estrecho presentó valores altos para características como: número de vainas por planta, peso de 100 semillas, número de entrenudos, días a floración y días a madurez fisiológica, e indican que estos caracteres son útiles como criterios de selección tanto en generaciones tempranas como avanzadas y tales características pueden mejorarse rápidamente con una baja intensidad de selección. El número de semillas por vaina mostró un valor intermedio de heredabilidad mientras que rendimiento y altura de planta exhibieron valores bajos, por lo tanto, no son efectivos como criterios de selección, ya que estas características interaccionan grandemente con el ambiente. Johnson y Frey (1967) mencionan que heredabilidad cercana de 100 indica que el fenotipo es un buen indicador del genotipo y que la selección y ganancia genética puede realizarse fácilmente. Por otra parte, la heredabilidad cerca de cero indica que el fenotipo es un índice del mérito del genotipo y su ganancia genética en la selección puede ser difícil.

Por comparación de los valores obtenidos mediante la estimación de ambas heredabilidades, se infiere que la heredabilidad en sentido amplio es mayor a la heredabilidad en sentido estrecho. Las diferencias más contrastantes las manifestaron los caracteres rendimiento por planta (57.48%) y altura de planta, (75.37%), y las diferencias más pequeñas fueron para peso de 100 semillas, días

Cuadro 3. Estimaciones de heredabilidad en sentido amplio (H^2) y estrecho (h^2), expresado en porcentaje para diferentes características agronómicas en frijol común.

Características	Heredabilidad(%)		Diferencia (%)
	Amplio	Estrecho	
Rendimiento por planta	57.48	0.00	57.48
Vainas por planta	80.29	62.69	17.6
Semillas por vaina	76.12	47.39	28.73
Peso de 100 semillas	97.65	90.62	7.03
No. de entrenudos	90.99	72.68	18.31
Altura de planta	87.42	12.05	75.37
Días a floración	95.91	82.81	13.10
Días a madurez fisiológica	88.66	68.23	20.43

a floración, número de vainas por planta y número de entrenudos. Estas diferencias indican que, en los caracteres altamente contrastados, la varianza genética más importante es la de dominancia en tanto que en las menos contrastadas lo es la acción génica aditiva.

CONCLUSIONES

1. Existe una variabilidad considerable para las diferentes características agronómicas estudiadas en los progenitores e híbridos.
2. Se detectaron diferencias significativas de ACG y ACE para la mayoría de las características estudiadas, sin embargo, la proporción ACG:ACE indica que predominantemente estos rasgos están controlados por varianza aditiva.
3. La varianza aditiva contribuye en mayor proporción a la varianza genética total para las características de número de vainas por planta, número de semillas por vaina, peso de 100 semillas, número de entrenudos, días a floración y días a madurez, y a la varianza de dominancia en rendimiento por planta y altura.
4. El número de vainas por planta, peso de 100 semillas, número de entrenudos, días a floración y días a madurez, presentaron altos valores de heredabilidad en sentido estrecho.

BIBLIOGRAFÍA

- Brauer, O. 1983. Fitogenética aplicada. 6a. Ed. Limusa. México. p. 246.
- Chung, J.H. y E. Stevenson. 1973. Diallel analysis of the genetic variation in some quantitative traits in dry beans. Agric. Res. 16: 223-231.
- Dickson, M.H. 1967. Diallel analysis of seven economic characters in snap beans. Crop Sci. 7: 121-124.
- Foolad, M.R. y 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. 100: 103-108.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian J. of Biological Sciences. 9:462-493.
- Gritton, E. T. 1975. Heterosis and combining ability in diallel cross of peas. Crop Sci. 15: 453-457.

- Hanson, W.D. y H.F. Robinson. 1963. Heritability in statistical genetics and plant breeding. Washington, National Academy of Science, National Research Council. P. 125-140.
- Hoegenmeyer, I.C. y A.R. Hallauer. 1976. Selection among and within full-sib families to develop single crosses in maize. *Crop Sci.* 16:76-81
- Johnson, R.G. y Frey, K.J. 1967. Heritabilities of quantitative attributes of oats at varying levels of environmental stresses. *Crop Sci.* 7:43-46.
- Kuruvadi, S. y Cortinas, E.H.M. 1987a. Componentes del rendimiento, correlaciones y sus implicaciones en el mejoramiento genético de frijol. *Agraria Revista Científica.* 3(1): 1-15.
- _____, _____ 1987b. Clasificación del grado de resistencia a clorosis, parámetros genéticos y correlaciones en frijol común. *Agraria Revista Científica.* 3(2) : 137-153.
- Leffel, P.C. y M.G. Weiss. 1958. Analysis of diallel crosses among ten varieties of soy beans. *Agron. J.* 50:528-534.
- Nienhuis, J. y S.P. Singh. 1986. Combining ability analysis and relationships among yield, yield components and architectural traits in dry bean. *Crop Sci.* 26:21-27.
- Parker, R.C., J.C. Wynne y D.A. Emery. 1970. Combining ability estimates in (*Arachis hypogaea* L.). I.F. Seedling responses in a controlled environment. *Crop Sci.* 10: 429-432.
- Singh, K.B. y B.P. Jain. 1971. Analysis of diallel cross in *P. aereus* Roxb. *Theoretical and Applied Genetics* 41:279-281.
- Weber, C.P., L.T. Empig y J.C. Thorne. 1970. Heterotic performance and combining ability of two-way. F1 soybean hybrids. *Crop. Sci.* 10: 159-160.
- Yassin, T.E. 1973. Genotypic and phenotypic variances and correlations in field beans (*Vicia faba* L.). *J. Agr. Sci.* 81:445- 448.