



Efectividad de los modelos de Gardner-Eberhart y Griffing en la determinación de la importancia relativa de la varianza aditiva en un cruzamiento dialélico de ocho líneas de frijol *Vigna unguiculata* (L.)Walp.

Effectivity of Gardner-Eberhart and Griffing models in the determination of the relative importance of additive variance in a diallel cross of eighth cowpea lines *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

Recibido: 26-02-92. Aceptado: 25-05-92

Este trabajo fue subvencionado parcialmente por el Consejo de Humanístico (CDCH) de la Universidad Central de Venezuela.

Atilio Higuera

Departamento de Agronomía. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Apartado 15205. Maracaibo 4005, Venezuela.

Resumen

Se determina la importancia relativa de los efectos aditivos *versus* no aditivos en relación a la característica Rendimiento por Parcela, analizando un cruzamiento dialélico de 8 líneas de frijol y 28 cruces en F2. Se compara la efectividad del modelo Análisis II de Gardner-Eberhart y del modelo I, método 2 de Griffing en la determinación de la importancia de la varianza aditiva, en el cultivo de frijol *Vigna unguiculata*(L.)Walp. Con ayuda de los mdelos probados se detectó que los efectos aditivos fueron más importantes que los no aditivos para la variable Rendimiento por Parcela, lo cual implica la posibilidad de obtener progresos al hacer selección hacia alto rendimiento. El modelo de Griffing fue el que permitió detectar cuáles líneas transmiten uniformemente la característica de alto rendimiento a la descendencia o a los cruces donde ellas participan, resultando el modelo más apropiado cuando los efectos de varianza aditiva son más importantes que los no aditivos, en la determinación de una característica como Rendimiento por Parcela, en frijol.

Palabras clave: *Vigna unguiculata*, varianza aditiva, cruzamiento dialélico, modelo de Gardner-Eberhart, modelo de Griffing.

Abstract

The relative importance of additive effects versus non additive effects was determinate with yield data of 36 cowpea plots (8 lines and 28 crosses in F2). Gardner-Eberhart (Analysis II) and Giiffing (Model 1, Method 2) models effectivity was compared in relation

to additive variance importance in cowpea *Vigna unguiculata* (L.)Walp. Additive effects held a higher rank than non additive effects when yield plots data were analyzed. This results allowed to select the best cowpea lines that transfer high yield in a uniform way to future generations. Griffing model is more effective that Gardner-Eberhart model when additive effects are more important than non additive effects.

Key words: *Vigna unguiculata*, additive variance, diallel cross, Gardner-Eberhart model, Griffing model.

Introducción

El frijol [*Vigna unguiculata* L.(Walp.)] es un cultivo tradicionalmente sembrado por muchas comunidades rurales del país, que basan su alimentación en cereales y encuentran en esta leguminosa una forma de completar los requerimientos de proteína en la dieta diaria. Después de la caraota, el frijol es la leguminosa de grano de mayor importancia en el país, la cual es consumida en sopas, guisos y como legumbre tierna (vainitas). Así mismo, se destaca por su alto contenido de proteínas (20%), hierro y fósforo. Esta leguminosa puede ser aprovechada en sistemas de cultivos asociados, rotación de cultivos y como abono verde, permitiéndole al agricultor incorporar nitrógeno atmosférico al suelo, de una manera económica, mediante asociación de este cultivo con bacterias nitrificantes del suelo.

La superficie cosechada y los rendimientos del cultivo de frijol han sido variables en los últimos años, reportándose unas 16.000 has. cosechadas en el año 1986, con una producción promedio de 10.500 TM anuales (2) y un promedio de 656 kg/ha (4). Dadas las condiciones que atraviesa la economía del país, se requiere de incrementos en el área de siembra y una producción de este rubro, si se toma en cuenta que el frijol es una fuente de proteína barata.

Ahora bien, cuando se inicia un programa de mejoramiento genético que permita evaluar la adaptabilidad de diferentes genotipos, bien sea introducidos o locales, es preciso recurrir a diseños estadísticos y genéticos, dentro de los cuales los diseños de cruzamientos dialélicos se han utilizado en el desarrollo de variedades de cultivos autógamos, a fin de determinar la importancia relativa de los efectos aditivos en comparación con los no aditivos.

En frijol interesa que los efectos aditivos sean superiores a los no aditivos, ya que por su condición de autógama, los efectos no aditivos no se pueden aprovechar, tales como la heterosis o vigor de híbrido, quedando como alternativa de mejoramiento en frijol, los métodos que aprovechan esa varianza aditiva, dentro de los cuales se encuentra la selección individual por el método genealógico.

Según Layrisse (8), el diseño dialélico de cruzamiento está constituido por todos los cruces posibles entre un conjunto de padres, pero frecuentemente no incluye a los padres o a los cruces recíprocos. Las conclusiones de un análisis dialélico, de acuerdo al autor, dependen del modelo genético-estadístico, de las suposiciones planteadas y del método de escogencia de los padres. El análisis dialélico ha sido usado para estimar heterosis en especies cultivadas, para evaluar el comportamiento de líneas en combinaciones híbridas, para seleccionar ciertos padres o cruces como fuente de material mejorado, o para hacer una caracterización genética del conjunto de padres incluidos en el análisis.

Fuller y colaboradores (3) realizaron un estudio de herencia de la resistencia a *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) De Bary, en caraota (*Phaseolus vulgaris* (L.)) mediante un cruzamiento dialélico, y demostraron que la resistencia a *S. sclerotium* se hereda en forma cuantitativa y es debida principalmente a acción génica aditiva.

Krarup y David (7) obtuvieron información sobre la herencia del rendimiento de semillas de guisantes y sus componentes: número de vainas y peso promedio de las semillas, utilizando el modelo de Gardner-Eberhart (5), Análisis I. Los autores concluyeron que todas las características estudiadas fueron controladas por efectos aditivos.

Gardner-Eberhart (5) señalan que si las variedades o líneas representan un grupo fijo, las estimaciones de las constantes genéticas suministran información acerca de un grupo particular de padres y sus cruces, mientras que las estimaciones de los componentes de varianza podrían tener poco valor porque no hay una población base a la cual podría aplicarse. Dichos autores mencionan en su trabajo que el método 2 en el modelo 1 del análisis de Griffing (6) está diseñado para el caso de un grupo fijo de padres y su cruce dialélico, de tal manera que el análisis de varianza es el mismo que el análisis 2 de su modelo.

Griffing (6) menciona que los componentes aditivos y no aditivos de la varianza genotípica paterna son estimados al usar los componentes de varianza de las capacidades combinatorias general y específica. Este autor desarrolla dos modelos diferentes de análisis dependiendo de los diferentes supuestos de muestreo:

- Cuando se asume que las líneas paternas únicamente o el material experimental como un todo son una muestra aleatoria de alguna población sobre la cual se van a hacer inferencias.
- Cuando se seleccionan las líneas deliberadamente y no pueden ser consideradas como una muestra al azar de alguna población, así que el material experimental constituye la población entera sobre la cual se van a hacer inferencias válidas.

Con el presente trabajo se pretende determinar la importancia relativa de los efectos aditivos *versus* los no aditivos, en el rendimiento del frijol [*Vigna unguiculata* L. (Walp.)] y comparar la efectividad de los métodos de Gardner-Eberhart (Análisis II 1966) y Griffing (Modelo 1, método 2) en la determinación de la importancia de la varianza aditiva en cultivos autógamos como el frijol.

Materiales y métodos

Se tomaron los resultados de un diseño de cruzamiento dialélico constituido por todos los cruces posibles entre un conjunto de padres, pero que no incluye a los padres ni a los cruces recíprocos. Para ello, se analizaron los resultados de un cruce dialélico de ocho líneas de frijol [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. Siete de las líneas eran de semillas de color negro y la restante presentaba semilla tipo ojo negro. Además, dichas líneas se diferenciaban en cuanto a su rendimiento expresado en gramos por parcela y resistencia al hongo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.

Las ocho líneas paternas se denominaron: P₁, P₂, P₃, P₄, P₅, P₆, P₇ y P₈. Sus características son presentadas en la Tabla 1.

Una vez escogidas las líneas paternas se procedió a obtener la F₁.

Obtención de la F₁:

Se cruzaron las ocho líneas paternas en un sentido y en forma recíproca, a nivel de umbráculo. Para ello se utilizaron macetas de 5 kg. con una mezcla de arena, materia orgánica y fertilizante fórmula completa (15-15-15). Luego se sembraron 6 semillas por maceta y se ralearon las plantas a fin de dejar 4 plantas por maceta. Cada línea paterna estuvo representada por 4 macetas, es decir 16 plantas por línea.

La época de siembra de cada línea se decidió de acuerdo a estudio previo de la sincronización de la floración. Los cruzamientos se realizaron utilizando la técnica de emasculación e hibridación artificial sugerida por Blackhurst y Crigton-Miller (1).

Se llevaron a cabo 2100 operaciones de hibridación artificial y sólo se obtuvieron 126 cruces. El porcentaje de cruzamientos artificiales logrado fue del 6 %. La semilla F₁ se sembró en macetas con la mezcla anteriormente señalada.

Tabla 1. Características de las líneas de frijol evaluadas.

Líneas	Características
P ₁	Rendimiento bajo y susceptible a <i>M. phaseolina</i> Semilla de color negro
P ₂	Rendimiento bajo y susceptible a <i>M. phaseolina</i> Semilla de color negro
P ₃	Mediano rendimiento y mediana resistencia a <i>Macrophomina</i> Semilla de color negro
P ₄	Mediano rendimiento y mediana resistencia a <i>Macrophomina</i> Semilla de color negro
P ₅	Alto rendimiento y resistencia a <i>M. phaseolina</i> Semilla de color negro
P ₆	Alto rendimiento y resistencia a <i>M. phaseolina</i> Semilla de color negro
P ₇	Mutante ON-30(4) de bajo rendimiento y susceptible a <i>M. phaseolina</i> . Semilla tipo Ojo Negro
P ₈	Mediano rendimiento y mediana resistencia al hongo. Semilla de color negro

Obtención de la F₂:

La F2 fue obtenida por autofecundación de la F1. El modelo genético estadístico estuvo basado en una muestra fija, sin considerar los cruces recíprocos, es decir, el cruce $P1 \times P2 = P2 \times P1$ y así sucesivamente

Debido a que se pueden obtener 64 cruces posibles en F2 al restar las 8 autofecundaciones quedan 56 cruces posibles de los cuales, la mitad son recíprocos. En consecuencia se analizaron 28 cruces híbridos.

Diseño de apareamiento:

El diseño de apareamiento utilizado fue el de Cruzamientos Dialélicos, el cual se refiere a todos los cruzamientos posibles entre un grupo de genotipos. Implica cruzamientos en pares de un grupo de n padres. (Ver Tabla 2)

Los cruzamientos dialélicos han sido utilizados para obtener información de la población progenitora con relación a tres aspectos:

1. Para estimar varianza genética cuando los padres son individuos o líneas homocigotas escogidas al azar de una población panmíctica en equilibrio de ligamiento (Modelo de Hayman).
2. Para estimar efectos de capacidad combinatoria general y específica de cruzamientos de un grupo determinado de líneas (Modelo de Griffing).
3. Para evaluar un grupo determinado de variedades o líneas de apareamiento aleatorio y los efectos heteróticos de sus cruzamientos (Modelo Gardner-Eberhart, Análisis II).

Tabla 2. Esquema de los cruzamientos dialélicos.

Líneas	1	2	3	4	5	6	7	8
1		1x2	1x3	1x4	1x5	1x6	1x7	1x8
2			2x3	2x4	2x5	2x6	2x7	2x8
3				3x4	3 x 5	3x6	3 x 7	3 x 8
4					4x5	4x6	4x7	4x8
5						5x6	5x7	5x8
6							6x7	6x8
7								7 x 8

Ensayo de Campo:

La siembra de la semilla F2 se realizó en el campo Experimental "Ana María Campos", de la Facultad de Agronomía, de la Universidad del Zulia.

Las ocho líneas paternas junto con las 28 F2 producto del cruzamiento entre ellas en todos los sentidos, se sembraron en un diseño de Lattice simple 6x6, a fin de evaluar 36 genotipos.

Análisis de la información:

Los datos fueron analizados mediante dos modelos genéticos estadísticos con efectos genotípicos fijos (muestra fija) utilizados los modelos de Gardner-Eberhart (Análisis II,) y Griffing (Modelo 1, Método 2,).

Modelo de Gardner-Eberhart

Gardner y Eberhart (5) presentaron un modelo para la estimación de efectos genéticos en la F1, de un grupo fijo de variedades de cruzamientos aleatorios o de líneas homocigotas usadas como padre.

El Análisis II del modelo de Gardner-Eberhart (5), incluye n líneas progenitoras y sus $n(n-1)/2$ cruzamientos. En este trabajo n equivale a las ocho líneas progenitoras, donde $8(8-1)/2=28$ cruzamientos.

De acuerdo a este modelo, el valor promedio de una línea o variedad de la población o cualquier cruce se simboliza de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + 1/2 (v_j + v_{j'}) + h_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Rendimiento de un cruce de la j-ésima línea con la j-ésima línea

μ = media de la población

v_j = efecto de la j -ésima línea

$v_{j'}$ = efecto de la heterosis que resulta cuando la línea j se cruza con la línea j'

El efecto de la heterosis puede subdividirse así:

h_{ij} = efecto de la heterosis

h_{ij} = heterosis promedio (contraste padres vs. cruces)

h_j = heterosis de las líneas producidas por el cruzamiento de las líneas j y j'

s_{ij} = heterosis específica originada por el cruzamiento de las líneas j y j'

Modelo de Griffing.

Empleando la metodología de Griffing (6) para análisis dialélicos, es posible estimar la capacidad combinatoria de las líneas y comparar el comportamiento de las mismas en combinaciones híbridas. La capacidad combinatoria la subdivide en:

Capacidad combinatoria general (CCG): Se define como el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas.

Capacidad combinatoria específica (CCE): Usada para designar aquellos casos de los cuales ciertas combinaciones son mejores o peores que el comportamiento promedio de las líneas por si mismo.

Sprague y Tatum (9) señalan que la capacidad combinatoria general indica presencia de efectos genéticos aditivos y la capacidad combinatoria específica, efectos genéticos no aditivos.

En el presente trabajo se utilizó el modelo 1, método 2 de Griffing (6), para estimar la capacidad combinatoria general (CCG) y la capacidad combinatoria específica (CCE), ya que se incluyen los padres y la F2, sin recíprocos y las líneas fueron consideradas una muestra fija. El modelo se señala a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + S_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación ijk-ésima

μ = media de la población

G_i = efecto de la CCG del i-ésimo y j-ésimo padre ó línea

S_{ij} = efecto de la CCE del cruce entre el i-ésimo y el j-ésimo padre o línea

e_{ijk} = efecto del comportamiento aleatorio o error experimental

Resultados y discusión

Análisis de la varianza de las líneas paternas y sus cruzamientos.

Al observar los resultados presentados en la Tabla 3, se aprecia para la fuente de variación genotipos la existencia de diferencias altamente significativas

Tabla 3. Cuadros medios para la variable rendimiento por parcela

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadros Medio
----------------------	--------------------	---------------

Repeticiones	3	67.985,54
Genotipos	35	28.739,18
Padres	7	50.463,41
Cruces	27	23.564,19
Padres vs cruces	1	17.305,15
Error (B1 al azar)	105	7.487,33
Boques	20	17997,92
Error intrabloques	85	5.037,78
Error efectivo	85	5.727,27
Genotipos (ajust.)	35	21.944,23 **
Total	143	
Coefficiente de variación (%)		20,57
Eficiencia relativa (%)		

Con el propósito de conocer la causa de tal significancia, la fuente genotipos fue descompuesta en padres y cruces, determinándose diferencias altamente significativas entre padres y diferencias significativas entre cruces, para rendimiento por parcela, expresado en gramos, lo cual permite sospechar que los efectos aditivos son más importantes que los no aditivos, en la expresión de la variable rendimiento por parcela.

Al obtener el cuadrado medio corregido para la fuente genotipos, utilizando el error efectivo del diseño de Lattice, se corrobora la significancia observada, ya que el genotipo ajustado fue altamente significativo.

Análisis de varianza de los efectos genéticos en F₂, según el modelo de Gardner-Eberhart (5).

De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos mediante el modelo de Gardner y Eberhart se puede observar en la Tabla 4, nuevamente la existencia de diferencias altamente significativas entre los genotipos evaluados, al igual que para las líneas (padres) y heterosis (cruces)

Tabla 4. Análisis de varia-7.a de los efectos genéticos en F₂ para la variable rendimiento por parcela (RPAR) expresado en gramos/parcela (*)

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F
Total	143		
Repeticiones	3	67.159,99	9,09
Genotipos	35	28.765,28	3,89
Líneas(Vi)	7	85524,14	11,57
Heterosis (h _{jj} ¹)	28	14575,58	1,97
Promedio. (h)	1	17308,15	2,34
Líneas (h _j)	7	17815,43	12,41
Específica (s _{jj} ¹)	20	13305,01	1,80
Error	105	7389,21	
C.V.=20.57 %		x 417,92	

(-) = modelo de Gardner y Eberhart (1966) análisis II

En la Tabla 4 se aprecia al subdividir la heterosis, según Gardner-Eberhart (5), que las diferencias altamente significativas obtenidas, se deben a la heterosis específica, es decir, al efecto de determinados cruces, los cuales superan en promedio, el rendimiento de los padres.

Estimados de los efectos genéticos de 8 líneas de frijol y su heterosis específica en F₂.

La fuente de variación Líneas (Tabla 4) presentó diferencias altamente significativas. En vista de ello, se estimaron los efectos, de las líneas, los cuales se observan en la Tabla 5. Tal como se aprecia, en dicha Tabla, las líneas P₅, P₆ y P₈ presentaron valores de efectos positivos para rendimiento por parcela, de tal manera que poseen genes que contribuyen a alimentar el rendimiento de las descendencias.

Tabla 5. Estimaciones de los efectos genéticos de 8 líneas (V_j) de frijol heterosis específica (S_{ij}¹) en F₂ para la variable rendimiento por parcela (RPAR)

Progenitores									
	P(2)	P(3)	P(4)	P(5)	P(6)	P(7)	P(8)	Efectos de las líneas (V _j)	Efectos de heterosis de las líneas (h _j)
Efectos de heterosis específica (s _{ij} ¹)									
P(1)	-10,900	-77,863	-17,532	3,2120	9,653	90,273	-18,463	119,3734	74,9451
P(2)		--133,960	47,619	4,1290	115,910	22,764	-31,296	82,2559	4. 1253
P(3)			-12,986	9,7042	146,049	50,409	-215,343	55,5716	90,1813
P(4)				-4,4987	42,784	6,771	132,520	55,3415	5 8,3644
P(5)					78,442	72,933	218,245	102,9366	6 4,2739
P(6)						-484,400	338,680	88,1116	-90,697
P(8)							255,190	187,5359	62,5569
pi.)								87,2339	135,5444
Efectos de heterosis promedio (h) = 26,3708									

Cuadros medios para capacidad combinatoria

En la Tabla 6, se presenta el análisis realizado con el modelo de Griffing (6), mediante el cual se aprecia la existencia de diferencias altamente significativas entre genotipos.

Tabla 6. Cuadros medios para capacidad combinatoria en el caso de la variable rendimiento por parcela

Fuentes De Variación	Grados de Libertad	Rendimiento por Parcela
Repeticiones	3	6718296**
Genotipos	35	28768,01**
C.C.G.	7	05530,63**
C.C.E.	28	1457360
Error	105	7387,57
C.V.(%)	-	20,57

La capacidad combinatoria general (CCG) fue altamente significativa, es decir, el comportamiento promedio de las líneas en combinaciones híbridas, presentó diferencias altamente significativas, lo que implica la existencia de líneas con buena o mala capacidad para combinarse.

Para capacidad combinatoria específica (CCE) se encontraron diferencias significativas, lo cual permite señalar que las medias de algunos cruces específicos superan el promedio en rendimiento de las líneas. En consecuencia, los resultados obtenidos indican que la capacidad combinatoria general (CCG) en el modelo de Griffing, equivale al efecto de las líneas analizado mediante el modelo de Gardner-Eberhart y la capacidad combinatoria específica (CCE) es equivalente a la heterosis estimada con el modelo de Gardner-Eberhart

Estimación de los efectos de capacidad combinatoria general y específica

Mediante la Tabla 7, se observa que las líneas P1, P2 y P7 presentaron valores significativas pero con efectos negativos, de tal manera que estas líneas contribuyen negativamente en el rendimiento de la descendencia, ya que poseen genes que causan efectos negativos en el incremento del rendimiento.

Tabla 7. Estimados de los efectos de capacidad combinatoria general (gi) en paréntesis y capacidad combinatoria específica (sij) para rendimiento por parcela.

Línea	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	(-37.19)	16,34	-0.05	23,10	9.60	0,01	78.53*	2.80
P2		(-39,72)*	-41.14	-5,31	14.59	-49,19	30,73	101.49.
P3			154.04 l.	29.10	59,56	78,88	61.64	37.73
P4				(45.16)	-17,79	20,91	26,42	33,84
P5					(32.19)	14.19	41.81	158.04
P6						(17.01)	-84, 94*	-27,01
P7							(-75.02)*	-38.18
P8								(2.71)

Las líneas P4 y P5 presentaron diferencias significativas para los estimados de los efectos de capacidad combinatoria general, es decir, aportan positivamente genes que contribuyen a aumentar el rendimiento por parcela.

Varianza de la capacidad combinatoria general y específica

Cuando se analiza la información presentada en la Tabla 8, se observa que la línea P7 presentó los mayores valores de varianza, por lo que esta línea transmite desuniformemente la característica de rendimiento a la descendencia.

Tabla 8. Varianza de la capacidad combinatoria general y específica asociadas con cada línea, en el caso de la variable rendimiento por parcela.

Líneas	gi	l
P1	1113,68	39302
P2	1300,17	931,23
P3	2819,07	2260,78
P4	1769,92	-390,02
P5	767,16	2200,44
P6	20,07	1274,16
P7	37,91	2241,00
P8	-261,99	4963,05

Conclusiones y recomendaciones

1. Se determinó con la ayuda de los modelos de Griffing (6) y Gardner-Eberhart (5), que los efectos aditivos fueron más importantes que los no aditivos, en la determinación de la variable rendimiento por parcela, lo cual vi3lumbra la posibilidad de obtener progresos al hacer selección para alto rendimiento por parcela.
2. La línea P4 se podría recomendar para iniciar un programa de mejoramiento genético del frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Nalp.) con miras a obtener una variedad de alto rendimiento.

3. Al comparar el Análisis II del modelo de Gardner-Eberhart (5) con el modelo 1, método 2 de Griffing (6), se observa resultados similares, ya que el cuadrado medio obtenido para las líneas mediante el modelo de Gardner-Eberhart, es similar al cuadrado medio de capacidad combinatoria específica (CCE) en el modelo de Griffing. Así mismo, el cuadrado medio para heterosis resultó ser similar al cuadrado medio para capacidad combinatoria específica.

Al seleccionar cual o cuales líneas son mejores es decir, cuales transmiten uniformemente su característica de alto rendimiento a la descendencia o a los cruces donde ellas participan, el modelo de Griffing es el que permite obtener dicha información, por lo que resulta un modelo de análisis más apropiado, cuando los efectos de varianza aditiva son más importantes que los no aditivos en la determinación de una característica como rendimiento por parcela, en frijol.

Literatura citada

1. BLACKHURST, H.T. CREIGTON-MILLER, J. 1980. Cowpea. *In*: Hybridization of Crop Plants. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. (E.E.U.U.). 327-337.
2. BOSCAN, D.1986. Consideraciones y potencialidad del cultivo de frijol en Venezuela. Primer Seminario para la producción y utilización y consumo del frijol *Vigna unguiculata* (L.)Walp.]. Fundación Servicio para el Agricultor. (Ven). 13 pp.
3. FULLER, P. A.; COYNE, D.P.; STEAMAN, J.A. 1984. Inheritance of resistance to white mold disease in dialled cross of drybeans *Crop Sci.* 24(5):929-933.
4. FUNDACION SERVICIO PARA EL AGRICULTOR. 1985. El cultivo del frijol. *In*: Noticias Agrícolas. (Ven) 10(4):1-4.
5. GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometric.* 22:439-452.
6. GRIFFING, B. 1956. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel, crossing systems. *Australian J. Biol. Sci.* 9:468-493.
7. KRARUP, A.; DAVIS, D.W. 1970. Inheritance of yield and its components in six parent diallel cross in peas. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95:795-797.
8. LAYRISSE, A. 1981. Análisis de un cruce dialélico de 10 líneas de maní *Arachis hypogaea* provenientes de cinco centros suramericanos de diversidad, en la generación F2. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Trabajo de ascenso. Mimeografiado.(Ven). 917 pp.
9. SPRAGUE, G.P.; TATUM, L.A. 1942. General and specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 34:923-932.