

# RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE FRIJOL DE TEMPORAL EN GENERACIONES TEMPRANAS\*

R. Rosales Serna, D. M. Aguilera Charles y J. A. Acosta-Gallegos\*\*

## RESUMEN

En el programa de mejoramiento genético de frijol de la región semiárida de México la selección por rendimiento se realiza en generaciones avanzadas. El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar en poblaciones segregantes de frijol de temporal el nivel de heterosis, heterobeltiosis y depresión endogámica de diversas características agronómicas. Se evaluaron cuatro poblaciones de frijol de grano negro en las generaciones F2 y F3, y siete de diferentes colores en las generaciones F3 y F4. Además, se incluyeron los progenitores de cada población. En las poblaciones de grano negro, la derivada de la cruz BAT 76 x Negro Qro. presentó en ambas generaciones los más altos rendimientos, la mayor producción de materia seca total y los más altos valores de heterosis para esas características, así como el mayor valor de heterobeltiosis en la generación F3. En el grupo de colores, la población derivada de la cruz 102-M x Bayo Victoria fue de las más rendidoras en las dos generaciones, presentó los más altos valores de heterosis y fue la única que mostró heterobeltiosis en ambas generaciones. Las poblaciones con alto rendimiento y heterosis en las generaciones tempranas, conservaron ambas características en la generación posterior y los mejores progenitores produjeron las mejores poblaciones. Lo anterior sugiere que en frijol, es posible predecir las mejores cruces e identificar poblaciones con alto potencial de rendimiento en generaciones tempranas.

## ABSTRACT

Seed yield and agronomic traits of rainfed beans in early generations. In the bean breeding program of the semiarid region of Mexico, the selection for seed yield is delayed to late generations. The present study was conducted to measure the level of heterosis, heterobeltiosis and inbreeding depression upon several agronomic traits in segregating populations of rainfed beans. Four populations derived from black seeded parents in the F2 and F3 generations, and seven derived from colored beans in the F3 and F4 generations were sown under rainfed conditions. Parents were also included in the trial. Among the black seeded populations, the one derived from the cross BA T 76 X Negro Qro. showed, in both generations, the highest values for seed yield, total dry matter and heterosis, as well as the highest heterobeltiosis value in the F3 generation. In the colored group, the population derived from the cross 102-M X Bayo Victoria showed the highest values for seed yield and heterosis in both generations, and was the only one that showed heterobeltiosis in both generations. The populations that showed high seed yield and heterosis in the first generation, retained these characteristics in the latter one and were derived from the best parents. The results indicate that in dry beans it is possible to predict the best crosses and to identify the high yielding populations in early generations.

## INTRODUCCIÓN

La sequía, las enfermedades y la baja fertilidad de los suelos, son factores que limitan la producción de frijol en el altiplano semiárido de México. Es por ello que en 1988

se inició un programa de mejoramiento genético para incrementar el nivel de adaptación del frijol a los déficits de humedad y su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico en el campo. Debido a que ambas características son difíciles de cuantificar en el campo, y

\* Trabajo presentado en la XXXVIII Reunión anual del PCCMCA, Managua, Nicaragua, 23-27 de marzo de 1992. Trabajo realizado con el apoyo económico del Bean-Cowpea Collaborative Research Support Program, Title XII, Grant No. DAN-1310-G-SS-6008-00, U.S.A.I.D.

\*\* Investigadores, Programa de Frijol, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Apdo. Postal # 186, Durango, Dgo., México CP34000.

a que la selección visual para rendimiento de plantas individuales en F2 y de familias F3 ha resultado ineficiente (Patiño y Singh, 1989), este programa se ha basado en la siguiente estrategia: en las generaciones tempranas (F2 y F3), se siembran las poblaciones segregantes en suelos pobres en nitrógeno y con bajos insumos. Se seleccionan plantas individuales con resistencia a enfermedades, vigorosas, precoces y con buena carga de vainas. Las familias derivadas del material seleccionado en generaciones tempranas se avanzan de generación, se incrementa su semilla y se evalúan en diversas localidades. La evaluación y selección por rendimiento se pospone hasta la generación F5 o generaciones posteriores.

Para obtener información básica, que permita un avance más rápido y seguro en el programa de mejoramiento local, se sembraron bajo condiciones de temporal, dos grupos de poblaciones segregantes en distinta generación, con el objetivo de estimar el nivel de heterosis, heterobeltiosis y depresión endogámica para diversas características agronómicas, incluyendo el rendimiento. Lo anterior con el propósito de descartar en generaciones tempranas las poblaciones pobres en rendimiento y susceptibles a enfermedades. La identificación de ese tipo de poblaciones y su eliminación ahorraría tiempo y dinero al programa de mejoramiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental Francisco I. Madero, Dgo., localizado a los 24° 20' N y 104° 20' O a una altitud de 1,932 msnm. El suelo del sitio experimental es del tipo Xerosol háplico (clasificación FAO-UNESCO). El material genético utilizado fueron dos grupos de poblaciones segregantes en diferente generación; cuatro poblaciones de grano negro en F2 y F3 y siete poblaciones de diversos colores en F3 y F4. Las poblaciones del grupo de los negros fueron evaluadas durante 1990, y las del grupo de pintos durante 1988 (F3) y 1990 (F4). En cada grupo se incluyeron los progenitores (Cuadro 1).

En ambos experimentos se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 6 m de largo por 0.76 m de ancho, como parcela útil se tomaron 5 m de los dos surcos centrales (7.6 m<sup>2</sup>). Se fertilizó al momento de la siembra con la dosis 30-40-00 y para el control de la

maleza se dieron dos cultivos mecánicos y un deshierbe manual.

Cuadro 1. Características agronómicas de poblaciones F2, F3 y sus progenitores (grupo negros). Inifap-Mex. 1990.

Cruza	Progenitor			Generación	
	Femen.	Masc.	Medio*	F2	F3
<b>Rendimiento g/m<sup>2</sup></b>					
BAT 76 x Negro Gro.	22,3	63,5	42,9	83,7	58,2
BAT 76 x Negro Dgo.	22,3	50,3	36,3	38,4	55,9
A 212 x Negro Dgo.	31,6	50,3	41,0	57,7	42,7
A 212 x Ags.77	31,6	50,8	41,2	68,6	39,8
<b>Materia Seca Total g/m<sup>2</sup></b>					
BAT 76 x Negro Gro.	47,8	106,0	76,9	129,7	90,2
BAT 76 x Negro Dgo.	47,8	78,4	63,1	67,4	93,6
A 212 x Negro Dgo.	59,7	78,4	69,1	96,1	73,9
A 212 x Ags.77	59,7	80,2	69,9	112,9	70,1
<b>Peso de 100 Semillas (g)</b>					
BAT 76 x Negro Gro.	12,9	20,4	16,7	18,3	19,6
BAT 76 x Negro Dgo.	12,9	25,4	19,2	17,8	18,0
A-212 x Negro Dgo.	13,2	25,4	19,3	20,0	16,6
A-212 x Ags.77	13,2	19,6	16,4	17,6	17,7

\* Progenitor medio = (Progenitor femenino + Progenitor masc.)/2

Se cuantificaron las variables: número de días al 50% de floración y a la madurez fisiológica, incidencia de enfermedades, producción de materia seca total, rendimiento y peso de la semilla. En las poblaciones del grupo de los pintos, únicamente se estimó el rendimiento de grano y la producción de materia seca total.

Se cuantificó el rendimiento de grano, la producción de materia seca total y el peso de la semilla. Se determinó para ambos grupos: el por ciento de heterosis (h), de heterobeltiosis (h'), y la depresión endogámica (d) para las características cuantificadas. La heterosis se estimó dividiendo el comportamiento promedio de cada generación (Fn) entre el progenitor medio (Pm),  $h = (Fn/Pm) \times 100$ .

La heterobeltiosis se estimó dividiendo el comportamiento promedio de cada generación (Fn) entre el progenitor superior (Ps),  $h' = (Fn/Ps) \times 100$ .

El porcentaje de depresión endogámica se determinó con la relación entre la media de la generación más avanzada menoc, la media de la generación anterior (Fn-1),  $d = [Fn - (Fn-1)] \times 100$ .

Para mejor entendimiento de los resultados, los valores obtenidos se restaron a 100 para dar una idea más clara de la presencia (valores positivos) o ausencia (valores negativos) de los parámetros estimados. Se estableció un límite igualo mayor al 10%, tanto en sentido positivo como en sentido negativo para la significancia de estos valores.

## RESULTADOS

Los análisis de varianza mostraron diferencias significativas para todas las variables evaluadas en ambos grupos, excepto para la producción de materia seca total en el grupo de colores.

### Grupo de negros

Al analizar los resultados, se excluyeron los datos de la crusa BAT 76 x Negro Dgo., ya que estos presentaron una tendencia totalmente opuesta al resto de las poblaciones evaluadas, lo que pudo ser debido a algún factor genético-ambiental que hizo que se desecharan por si mismas las plantas susceptibles a enfermedades o con otras características desfavorables, es decir, hubo una fuerte presión de la selección natural en contra de esta población.

De los progenitores evaluados, la variedad Negro Qro. presentó el más alto rendimiento y la mayor cantidad de materia seca total. Los progenitores que mostraron los más bajos valores para estas características fueron las líneas mejoradas introducidas A 212 y BAT 76. De las poblaciones segregantes, la derivada de la crusa BAT 76 X Negro Qro. mostró la más alta producción de grano y de materia seca total en ambas generaciones.

El progenitor Negro Dgo. presentó el valor más alto de peso de 100 semillas mientras que las líneas A 212 y BAT 76 obtuvieron los promedios más bajos (Cuadro 1). La población más sobresaliente para esta característica en las generaciones F2 y F3 fue la derivada de la crusa de BAT 76 X Negro Qro.

Para el rendimiento de grano se obtuvieron valores altos de heterosis en la generación F2, los cuales fluctuaron entre 40.7 y 95.2%; sin embargo, en la generación F3 la heterosis se redujo, e inclusive tendió a desaparecer. La producción de materia seca total presenta una tendencia similar a la de rendimiento, pero con valores más bajos. Por el contrario, para el peso de 100 semillas se observaron altos porcentajes de heterosis en la

generación F3; sin embargo, en ambas generaciones los valores fueron relativamente bajos.

Se estimaron valores intermedios de heterobeltiosis en la generación F2 para el rendimiento y la producción de materia seca total (Cuadro 2). En la generación F3 no hubo diferencia significativa para ninguna de estas características, y para el peso de 100 semillas no se encontró en ninguna de las dos generaciones estudiadas.

Cuadro 2. Heterosis, heterobeltiosis y depresión endogámica de características agronómicas de poblaciones F2, F3 y sus progenitores (grupo negros). Inifap-Mex. 1990.

Cruza	Heterosis		Heterobeltiosis		Depr. End.*
	F2	F3	F2	F3	
<b>Rendimiento</b>					
BAT 76 x N. Qro.**	95,2	35,8	31,9	-8,2	-30,4
BAT 76 x N. Dgo.	5,7	53,9	-27,3	10,0	45,5
A-212 x N. Dgo.	40,7	4,2	14,6	15,1	-25,9
A-212 x Ags-77	66,5	-3,4	35,1	-21,6	-42,0
<b>Materia Seca Total</b>					
BAT 76 x N. Qro.	68,8	17,4	22,4	-14,9	-30,5
BAT 76 x N. Dgo.	6,8	48,4	-14,1	19,4	39,0
A-212 x N. Dgo.	39,1	7,0	22,5	-5,8	-23,1
A-212 x Ags-77	61,4	0,2	40,9	-12,6	-38,0
<b>Peso de 100 Semillas</b>					
BAT 76 x N. Qro.	9,9	17,9	-10,3	-3,8	7,3
BAT 76 x N. Dgo.	-7,3	-6,1	-30,1	-29,2	1,3
A-212 x N. Dgo.	3,5	-14,0	-21,5	-34,7	-16,9
A-212 x Ags-77	7,1	8,1	-10,5	-9,7	0,9

\* Depresión endogámica.

\*\* En por ciento.

La depresión endogámica presentó valores intermedios para rendimiento y materia seca total, los cuales fluctuaron entre -30.4 y -42.0% para el primero y de -23.1 a 38.0% para el segundo. Para el peso de 100 semillas no hubo depresión endogámica, ya que ésta se incrementó de la generación F2 a la F3, por lo que los valores obtenidos para esta variable fueron positivos sin ser significativos, ya que resultaron menores al 10% preestablecido. Es claro que el peso de la semilla es una característica que puede ser fijada en generaciones tempranas.

### Grupo de colores

En la generación F3 los progenitores que presentaron los más altos rendimientos fueron Bayo Victoria y C-4, mientras que en la generación F4, los mejores

progenitores fueron Carioca y Bayo Victoria (Cuadro 3). Las poblaciones sobresalientes para esta característica en la generación F3 fueron: Carioca X Bayo Victoria, BAT 477 X Chis.7 y 102-M x Bayo Victoria; mientras que en la generación F4 la población derivada de la cruce de BAT 477 X Chis.7 resultó sobresaliente.

Cuadro 3. Rendimiento de grano en poblaciones F3, F4 y sus progenitores (grupo colores). Inifap-Mex. 1990

Cruza	Progenitor			
	Fem.	Masc.	Medio*	Poblac.
<b>Generación F3</b>				
Carioca x B. Victoria	83,0	100,7	91,8	97,0
102-M x B. Victoria	68,3	100,7	84,5	89,3
BAT 477 x Chis-7	59,7	70,2	65,0	91,8
B. Mad. x Laker	74,7	40,4	57,5	67,9
102-M x C-4	68,3	94,4	81,3	81,1
Carioca x 102-M	83,0	68,3	75,7	71,2
BAT 477 x Laker	59,8	40,4	50,1	67,6
<b>Generación F4</b>				
Carioca x B. Victoria	93,4	73,4	83,4	62,5
102-M x B. Victoria	42,4	73,4	57,9	64,4
BAT 477 x Chis-7	63,1	52,2	57,7	71,8
B. Mad. x Laker	70,9	56,5	63,7	25,2
102-M x C-4	42,4	36,8	39,6	41,9
Carioca x 102-M	93,4	42,2	67,9	60,1
BAT 477 x Laker	63,1	56,5	59,8	36,9

\* Progenitor medio = (Progenitor femenino + Progenitor masc.)/2

No se encontró diferencia significativa en la generación F3 para producción de materia seca total. En la generación F4, los progenitores que mostraron los más altos promedios de materia seca total fueron Carioca y Bayo Madero. La mejor población para esta característica fue la derivada de la cruce de 102-M x Bayo Victoria (Cuadro 4).

De las siete poblaciones evaluadas en este grupo, únicamente tres presentaron heterosis para rendimiento en la generación F3 y dos en la F4. La heterobeltiosis no fue significativa en ninguna de las dos generaciones (menor al 10% preestablecido), excepto para la población de la cruce BAT 477 X Chis-7 (Cuadro 5). Sin excepción, todas las poblaciones presentaron depresión endogámica en rendimiento, depresión que fluctuó de -15.6 a -62.9%.

La producción de materia seca total no mostró heterosis ni heterobeltiosis en ninguna de las dos generaciones, ni tampoco depresión endogámica, excepto para la población proveniente de la cruce 102-M x Bayo Victoria en la generación F4 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Materia seca total de las poblaciones F3, F4 y sus progenitores (grupo colores). Inifap-Mex. 1990.

Cruza	Progenitor			
	Fem.	Masc.	Medio*	Poblac.
<b>Generación F3</b>				
Carioca x B. Victoria	58,1	72,6	65,3	62,9
102-M x B. Victoria	74,3	72,6	73,4	54,7
BAT 477 x Chis-7	55,4	52,4	53,9	46,7
B. Mad. x Laker	56,0	47,6	51,8	54,0
102-M x C-4	74,3	68,6	71,4	66,9
Carioca x 102-M	58,1	74,3	66,2	46,5
BAT 477 x Laker	55,4	47,6	51,5	55,4
<b>Generación F4</b>				
Carioca x B. Victoria	60,5	46,3	53,4	44,1
102-M x B. Victoria	36,2	46,3	41,2	49,6
BAT 477 x Chis-7	43,4	43,6	43,5	46,9
B. Mad. x Laker	52,0	39,3	45,6	32,2
102-M x C-4	36,2	42,3	39,3	38,6
Carioca x 102-M	60,5	36,2	48,4	40,6
BAT 477 x Laker	43,4	39,3	41,3	38,6

\* Progenitor medio = (Progenitor femenino + Progenitor masc.)/2

Cuadro 5. Heterosis, heterobeltiosis y depresión endogámica para características agronómicas de poblaciones F3, F4 y sus progenitores (grupo colores). Inifap-Mex. 1990.

Cruza	Heterosis		Heterobeltiosis		Depr. End.*
	F2	F3	F2	F3	
<b>Rendimiento</b>					
CariocaxB. Victoria**	5,7	-0,3	-3,6	-33,1	-35,4
102-M x B. Victoria	5,7	11,2	-11,3	-12,3	-27,9
BAT 477 x Chis-7	41,2	24,4	30,8	13,8	-21,8
Bayo Madero x Laker	18,1	-60,4	-9,1	-64,5	-62,9
102-M x C-4	-0,3	5,8	-14,0	1,2	-48,4
Carioca x 102-M	-5,9	-11,5	-14,2	-35,6	-15,6
BAT 477 x Laker	35,0	-38,3	-13,1	-41,5	-45,4
<b>Materia seca total</b>					
CariocaxB. Victoria	-3,7	-17,5	-13,3	-27,2	-29,9
102-M x B. Victoria	-25,6	20,2	-26,4	7,1	-9,3
BAT 477 x Chis-7	-13,4	7,8	-15,8	7,5	0,6
B. Mad. x Laker	4,3	-29,3	-3,6	38,0	-40,3
102-M x C-4	-6,3	-1,7	-9,9	8,8	-42,3
Carioca x 102-M	-29,8	-16,1	-37,5	-33,0	-12,7
BAT 477 x Laker	7,6	-6,6	0,0	-11,1	-30,3

\* Depresión endogámica.

\*\* En por ciento.

## DISCUSION

En general, en el grupo de los negros (poblaciones F2 y F3) la población derivada de la cruce BAT 76 X Negro Qro. presentó en ambas generaciones los más altos rendimientos, la mayor producción de materia seca total y

los más altos porcentajes de heterosis para estas características, así como el mayor valor de heterobeltiosis en la generación F3. En el grupo de colores, la población derivada de la cruce 102- M x Bayo Victoria fue de las más rendidoras en las dos generaciones, presentó los más altos valores de heterosis y fue la única en mostrar heterobeltiosis en ambas generaciones. Con base en lo anterior, se puede decir que las poblaciones que presentaron altos rendimientos y heterosis en las generaciones tempranas, conservaron estas características en las generaciones posteriores, lo que indica que la selección para rendimiento en generaciones tempranas puede ser efectiva tomando como criterio el rendimiento *per se*, aunado a altos porcentajes de heterosis (Singh *et al.*). Para disminuir el riesgo de eliminar poblaciones de valor incierto, sólo se deben eliminar las de bajo rendimiento y altamente susceptible a enfermedades o con otras características indeseables.

Las poblaciones sobresalientes en rendimiento en ambos grupos incluyeron progenitores de diversos orígenes, por ejemplo, BAT 76 (origen tropical) X Negro Qro. (origen templado-húmedo), Carioca (origen tropical) X Bayo Victoria (origen altiplano semiárido), lo cual señala las ventajas de realizar cruzamientos entre materiales de acervos genéticos diferentes, tal y como fue sugerido por Singh (1991).

En los dos grupos se observó que los progenitores de más rendimiento produjeron las poblaciones superiores para esa característica, por lo que es factible utilizar el valor medio de los progenitores para predecir los mejores

cruzamientos, tal y como fue sugerido para frijol común por Hamblin y Evans (1976) y para caupí por Thurling y Ratinam (1987). Lo anterior resalta la importancia de seleccionar los mejores progenitores para el bloque de cruzamientos, la elección de éstos se debe basar en la respuesta observada a través de años y localidades.

## LITERATURA CITADA

- HAMBLIN, J.; EVANS, A.M. 1976. The estimation of cross yield using early generation and parental yields in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica* 25:515-520.
- PATIÑO, H.; SINGH, S.P. 1989. Visual selection for seed yield in the F2 and F3 generations of nine common bean crosses. *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.* 32:79-80.
- SINGH, S.P.; LEPIZ, R.; GUTIERREZ, J.A.; URREA, C.; MOLINA, A.; TERAN, H. 1990. Yield testing of early generation populations of common bean. *Crop Science* 30:874-878
- SINGH, S.P. 1991. Breeding for seed yield. *In: Shoonhoven, A. van and Voysest, O., Common Beans, Research for Crop Improvement.* CA.B. International and C.I.A.T. Redwood Press Ltd, Melksham, Wiltshire, U.K. pp. 383-443
- THURLING, N.; RATINAM, M.. 1987. Evaluation of parent selection methods for yield improvement of cowpeas (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) *Euphytica* 36:913-926.