

RENDIMIENTO DE TRES TIPOS DE CRUZAS ENTRE GENOTIPOS SILVESTRES Y CULTIVADOS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)*

SEED YIELD OF THREE TYPES OF CROSSES BETWEEN WILD BY DOMESTICATED GENOTYPES IN COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)

Teresa Susana Herrera Flores¹ y Jorge Alberto Acosta Gallegos²

¹Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo, ²Programa de frijol, CEVAMEX, INIFAP. ³Autora para correspondencia: susyherrera75@yahoo.com.mx

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar agronómicamente durante el 2000, se estableció en el Campo Experimental Valle de México, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) un experimento en el que se evaluaron nueve poblaciones segregantes derivadas de tres tipos de cruzas entre un progenitor cultivado y tres poblaciones de frijol silvestre: simples, retrocruza uno y cruza simple con doble recombinación. El progenitor cultivado fue Negro Tacaná y las poblaciones silvestres fueron de Hidalgo, Puebla y Jalisco. El experimento se estableció el 12 de junio y se condujo bajo temporal más riego suplementario. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y la parcela experimental consistió de tres surcos de 5 m de longitud separados a 80 cm. Se cuantificaron los días a floración y madurez, rendimiento por planta y por parcela, así como el peso de 100 granos. En todas las poblaciones se observaron plantas más tardías para iniciar la floración y para madurar que el progenitor cultivado, sobre todo en las cruza simple de doble recombinación. Las plantas de las poblaciones derivadas por retrocruza, como era de esperarse, mostraron similitud fenológica y morfológica con las plantas del progenitor recurrente, Negro Tacaná. Se observaron diferencias significativas en rendimiento entre tipo de población; las poblaciones derivadas por retrocruza mostraron rendimientos similares al del progenitor cultivado. Entre las cruza simple, la de Negro Tacaná-Hidalgo resultó

sobresaliente (258.8 g m²). En todas las poblaciones se observó un pequeño número de plantas con rendimiento superior a las del progenitor cultivado, es decir, segregantes transgresivas. Pocas plantas individuales mostraron un tamaño de grano mayor al del progenitor cultivado y en todas las cruza se observó segregación transgresiva en sentido negativo, es decir, hubo plantas con peso de grano menor al del progenitor silvestre. El tipo de cruza más apropiado para utilizar poblaciones silvestres en el mejoramiento del frijol común, es el de retrocruza.

Palabras clave: cruza simple, doble recombinación, frijol silvestre, mejoramiento, retrocruza.

SUMMARY

The objective of the research was to during 2000 an experiment was established at Campo Experimental Valle de Mexico, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) in which three of each type of cross made between a cultivated and three wild genotypes were evaluated: simple cross, backcross one and simple crosses with double recombination. The cultivated parent was the cultivar Negro Tacaná and the wild populations were from different geographical origin, Hidalgo, Puebla and Jalisco. The trial was

* Recibido: Marzo de 2006
Aceptado: Junio de 2007

established on June 12, 1998 and conducted under rainfall plus supplemental irrigation. A complete random design with three replicates was utilized and the experimental plot consisted of three rows 5 m in length separated 0.8 m. In all segregating populations there were late flowering and maturing plants, but with a larger frequency in those populations derived from simple crosses with double recombination. Plants derived from backcrosses, as it was expected, displayed similar phenological and morphological traits as the recurrent parent, Negro Tacaná. Significant differences were observed among populations for seed yield in g m^{-2} ; those populations derived from backcrosses showed a seed yield similar to the recurrent parent, Negro Tacaná. Among the simple crosses, the one derived from Negro Tacaná x wild Hidalgo displayed a seed yield similar to the one of the cultivated parent (259 g m^{-2}). In all populations there were individual plants that showed superior yield than those of Negro Tacaná, *i.e.* transgressive segregants. In regard to seed size, few individual plants showed a larger size than Negro Tacaná, the cultivated parent. In all crosses a negative transgressive segregation was observed for seed size, in other words there were plants with smaller seed size than the wild parent. From the results it seems that the best type of cross for the utilization of wild germplasm in breeding the common bean is the backcross.

Key words: backcross, bean breeding, double recombination, simple cross, wild bean.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo tradicional en México que se ha consumido desde hace miles de años, es una excelente fuente de proteína y se complementa con el maíz. Sin embargo, los rendimientos unitarios que se obtienen en México son bajos debido a que en su mayor parte esta especie se cultiva en áreas de temporal errático donde con frecuencia ocurren períodos de sequía, prevalecen suelos pobres en nutrientes y bajo contenido de materia orgánica y con baja capacidad de retención de humedad.

En el género *Phaseolus* L., entre las cinco especies cultivadas el frijol común es la especie más importante en la alimentación humana y se cultiva desde el nivel del mar hasta los 3 000 m de altura (Singh, 1999). Debido a la distribución y evolución de las formas silvestres de *P. vulgaris* L. bajo diversas condiciones ecogeográficas, es factible que esas poblaciones silvestres posean características adaptativas que les han permitido sobrevivir y evolucionar en condiciones extremas (Gepts,

1999). Esas valiosas características deberían ser utilizadas en el mejoramiento de la forma cultivada, un ejemplo de lo anterior es la arcelina que es una proteína de reserva del grano con propiedades insecticidas para controlar el ataque del gorgojo pinto del frijol *Zabrotes subfasciatus* (Cardona *et al.*, 1990; Debouck, 2000; Goossens *et al.*, 2000).

Uno de los principales impedimentos para lograr avances en el mejoramiento del frijol común cultivado es la reducida variabilidad genética por la utilización de progenitores genéticamente cercanos y por el efecto de autofecundación (Silbernagel y Hanna, 1988; Singh, 2001). En la actualidad los mejoradores prefieren utilizar en un programa de mejoramiento líneas élite dentro de la misma clase comercial y evitar utilizar germoplasma exótico. Lo anterior lo hacen para poder recuperar con relativa facilidad el tipo de grano comercial y las características de la planta que facilitan la mecanización y el cultivo intensivo.

Hoy en día la utilización de poblaciones silvestres en el mejoramiento del frijol cultivado es reducida, ya que entre otras causas se desconocen los atributos sobresalientes de dichas poblaciones (Acosta *et al.*, 1996). El objetivo de esta investigación fue caracterizar agrónomicamente nueve poblaciones segregantes derivadas del cruzamiento de una variedad mejorada y tres poblaciones de frijol silvestre.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica y características climáticas del sitio de prueba

El experimento se estableció en las instalaciones del Campo Experimental del Valle de México (INIFAP), que se localiza en Chapingo, a los $19^{\circ} 27'$ de latitud norte y los $98^{\circ} 51'$ de longitud oeste a una altura de 2 240 msnm, en el municipio de Texcoco, Estado de México. El clima de esta área es templado subhúmedo con precipitación media anual de 640 mm, régimen de lluvias en verano y una temperatura media anual de 15°C (García, 1981). El suelo del sitio experimental es un migajón arenoso profundo del orden Molisol. El pH es de 7 con una capacidad de retención de humedad media, y contenido medio de materia orgánica. Además, cuenta con un contenido medio a alto de nitrógeno.

Germoplasma utilizado

Los progenitores utilizados para desarrollar las poblaciones segregantes evaluadas fueron tres poblaciones silvestres:

Lolotla (S10), G 23429 (S13) y G 12979 (S15) mismos que se utilizaron como progenitores masculinos (Cuadro 1). El progenitor femenino fue la variedad mejorada con adaptación tropical "Negro Tacaná" (López *et al.*, 1996). Los cruzamientos se llevaron a cabo en 1998 emasculando la flor del progenitor femenino y colocando sobre el estigma de éstas el polen de estigmas ya polinizados de flores recién abiertas de los progenitores masculinos. Las plantas F₁ y los progenitores se sembraron en el campo en 1998 para realizar las retrocruzas y doble recombinación al cruzar diferentes plantas F₁ dentro de la misma cruce. Durante el invierno de 1998-1999 se produjeron las poblaciones segregantes F₂ y durante el verano de 1997 las F₃ de las poblaciones utilizadas en el presente estudio (Cuadro 2).

La variedad Negro Tacaná es de hábito de crecimiento indeterminado, con guía corta y tipo de planta arbustiva, erecta y compacta, de hojas pequeñas. El grano de color negro opaco, forma ovoidal y pequeño. La planta presenta una altura del dosel de 35 a 45 cm, con guía corta entre 25 y 35 cm. El tallo es erecto y resistente al acame (López *et al.*, 1996). Las poblaciones silvestres de *P. vulgaris* L. son de hábito indeterminado trepador, semillas pequeñas y vainas dehiscentes (Delgado-Salinas *et al.*, 1988).

Metodología

El experimento se estableció en el campo el día 12 de junio de 2000; en una superficie de 500 m². Se utilizó un

Cuadro 1. Características del grano de cuatro genotipos de frijol utilizados para desarrollar las poblaciones segregantes estudiadas (Pérez *et al.*, 1998).

Genotipo	Estado	Origen	Peso 100 granos (g)	Contenido de testa ¹ (%)	Absorción de agua ¹ (%)	Tiempo de cocción (min)	Contenido de proteína ¹ (%)
Lolotla	Escapado	Hidalgo	15.9	11.5	5.8	173	23.5
G 23429	Silvestre	Puebla	4.2	19.2	125.7	230	28.0
G12979	Silvestre	Jalisco	5.2	16.4	125.4	235	24.6
Negro Tacaná	Cultivado	INIFAP	20.2	9.3	39.5	92	23.1

¹En base a peso seco.

Cuadro 2. Características agronómicas de nueve poblaciones segregantes de frijol y el progenitor cultivado Negro Tacaná.

Genotipo ¹	Días a floración	Días a madurez	Peso 100 de granos (g)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Negro Tacaná	56 bc ²	107	16.7 ab	2535 a
NT/S10	63 ab	110	14.5 abcd	2588 a
NT/S13	66 a	113	10.1 cd	1790 abc
NT/S15	56 bc	114	9.6 d	1375 bc
Media de cruza simples	62	112	11.4	1918
(NT/S10)/(NT/S10)	60 abc	103	10.1 abcd	1228 c
(NT/S13)/(NT/S13)	59 abc	109	13.3 bcd	2070 abc
(NT/S15)/(NT/S15)	55 c	109	13.2 bcd	1751 abc
Media de cruza dobles	58	107	12.2	1683
NT/(NT/S10)	59 abc	111	19.3 a	2213 ab
NT/(NT/S13)	56 bc	109	15.9 abc	2349 a
NT/(NT/S15)	56 bc	106	15.8 abc	2480 a
Media de retrocruzas	57	109	17	2347
DMS 0.05	7.47	12	5.97	904.8

¹Genotipos silvestres: S10= "Weedy" o escapado de Hidalgo; S13= G 23429; S15= G 12979. Las medias con letras iguales en columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La superficie se dividió en tres bloques con surcos de 5 m de longitud y una distancia entre los mismos de 80 cm. Cada bloque se dividió en 10 parcelas de 3 surcos cada una. La distancia de siembra fue de 20 cm entre plantas, dando por resultado una densidad de población aproximada de 60 000 plantas ha⁻¹. La semilla de las poblaciones segregantes utilizada fue escarificada antes de la siembra. La escarificación consistió en eliminar una parte de la testa con un cortauñas para que hubiera una mayor absorción de agua y por ende una germinación uniforme. Después de la siembra se aplicó un riego para asegurar una emergencia uniforme. El experimento se fertilizó con la dosis 40-40-00 (N-P-K) y durante la conducción del cultivo se dio un riego de auxilio; se dieron dos cultivos mecánicos y dos deshierbes con azadón. No se aplicaron agroquímicos para protección a las plantas durante el ciclo del cultivo.

Características cuantificadas

En la etapa de primera hoja trifoliada (V3), se eligieron nueve plantas con competencia completa por parcela, las cuales se etiquetaron para ser identificadas con facilidad y así darles seguimiento. Las características cuantificadas fueron: días a floración, días a madurez, número de vainas totales por planta, granos por vaina, peso de granos por planta (g), peso de 100 semillas (g) y peso de materia seca (g). También se tomaron notas por parcela, para los días a floración, el cual se consideró cuando 50% de las plantas iniciaron la floración en cada una de las parcelas; para los días a madurez se consideró cuando 50% de las plantas presentó vainas maduras en la parte inferior de la planta. En ese estado se cosecharon las plantas para evitar desgrane; además, se determinó el rendimiento por unidad de superficie, para lo cual se cosecharon y sumaron los pesos de todas las plantas en cada parcela incluyendo las que fueron marcadas.

Análisis de resultados

Los datos de las características cuantificadas se analizaron siguiendo el diseño experimental utilizado. Para el caso de rendimiento por planta individual se tomaron en cuenta todas las plantas de cada una de las poblaciones segregantes, al igual que la variedad Negro Tacaná. Además de calcularse el rendimiento por hectárea, los datos de las plantas individuales se utilizaron para determinar la frecuencia de plantas con rendimiento similar o superior al progenitor cultivado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

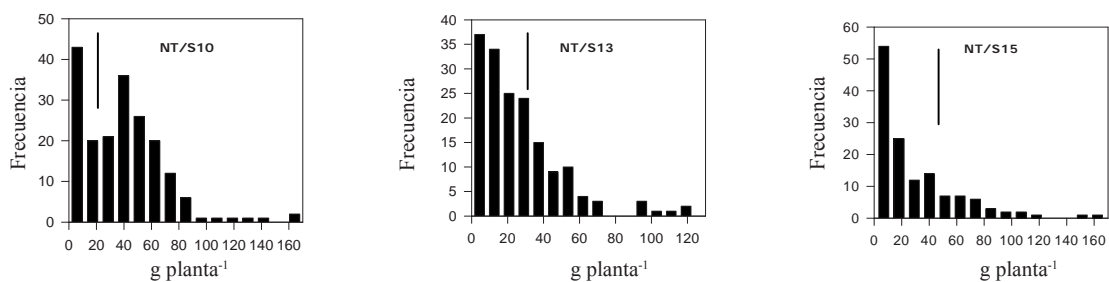
Características fenológicas. La población derivada de la cruce simple de NT/S13 mostró el mayor número de días al 50% de la floración y la derivada por doble recombinación entre NT/S15 el menor (Cuadro 2). En cuanto a la madurez, las cruces simples resultaron más tardías que las retrocruzas y que las dobles recombinantes. La cruce simple y de doble recombinación derivadas de NT/S15 mostraron el período reproductivo más largo. Las poblaciones silvestres de *P. vulgaris* L. por lo general muestran un largo período reproductivo y es posible observar en las poblaciones naturales plantas con vainas maduras y aún produciendo flores e inclusive en algunas poblaciones naturales localizadas en sitios libres de heladas es posible observar individuos con comportamiento bianual (Evans, 1980; Debouck, 1991).

En plantas indeterminadas como el frijol, un período reproductivo largo permite al mismo tiempo la producción de frutos y la continuación de crecimiento vegetativo, características favorables para la sobrevivencia de las poblaciones silvestres en la naturaleza. Esta característica de ocurrir crecimiento vegetativo y reproductivo al mismo tiempo, es generalizada en el frijol cultivado de hábito indeterminado y más pronunciada en el frijol trepador Tipo IV, el cual por sus características morfológicas y fenológicas se asemeja al frijol silvestre. En las poblaciones derivadas por cruces simples con una doble recombinación se observaron muchas plantas con capacidad para trepar (hábito IV), similares a los progenitores silvestres (Delgado-Salinas *et al.*, 1988).

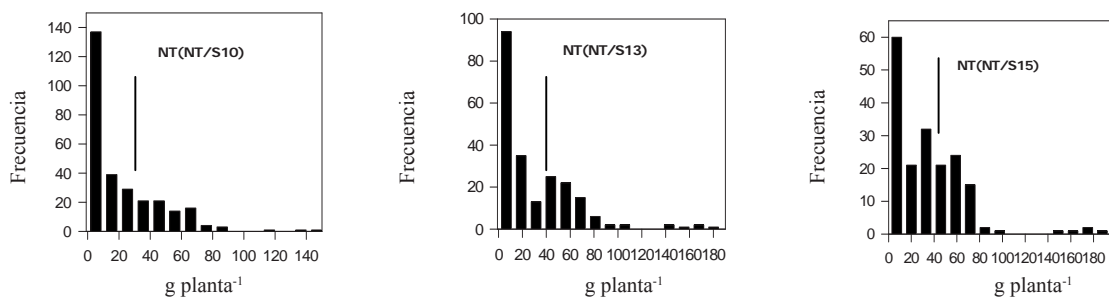
Rendimiento y peso de 100 granos

En el rendimiento por planta y en promedio por tipo de cruce, las poblaciones derivadas por retrocruza obtuvieron un rendimiento similar al del progenitor cultivado (Cuadro 2). Entre las retrocruzas la que incluyó al progenitor silvestre S15 fue la de mayor rendimiento; entre las cruces simples, la población NT/S10 produjo mayor rendimiento, que fue ligeramente superior al de la variedad Negro Tacaná. Entre las cruces dobles recombinantes, la que incluyó al progenitor S13 produjo mayor rendimiento. Las poblaciones derivadas de NT/S13 mostraron plantas de alto rendimiento a través de los tres tipos de cruce (Figura 1).

Cruzas simples



Retrocruzas



Cruzas simples con doble recombinación

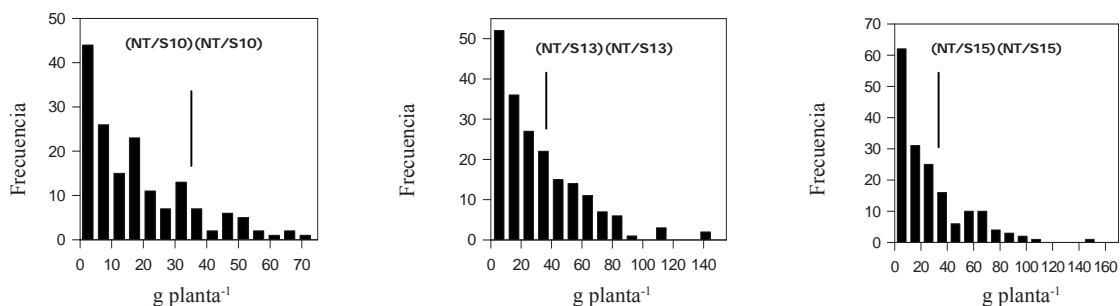


Figura 1. Frecuencia del rendimiento en gramos por planta de poblaciones segregantes derivadas por cruzas simples, retrocruzas y cruzas simples con doble recombinación entre el progenitor cultivado Negro Tacaná con los genotipos silvestres S10, S13 y S15. La flecha señala el rendimiento promedio del progenitor Negro Tacaná de 31.9 g planta⁻¹.

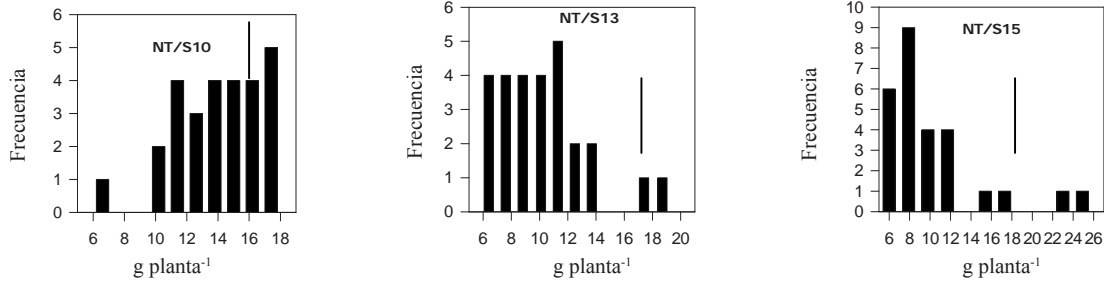
Con respecto al peso de grano, las retrocruzas mostraron valores similares a las del progenitor cultivado e inclusive la retrocruza que incluyó al progenitor tipo “weedy” (S10) mostró un mayor tamaño de grano que Negro Tacaná (Cuadro

2). Por otra parte, las cruzas dobles recombinantes del Negro Tacaná con los genotipos silvestres S13 y S15, estos últimos verdaderos silvestres de grano pequeño (Toro *et al.*, 1990), produjeron las plantas con los granos más pequeños, es decir,

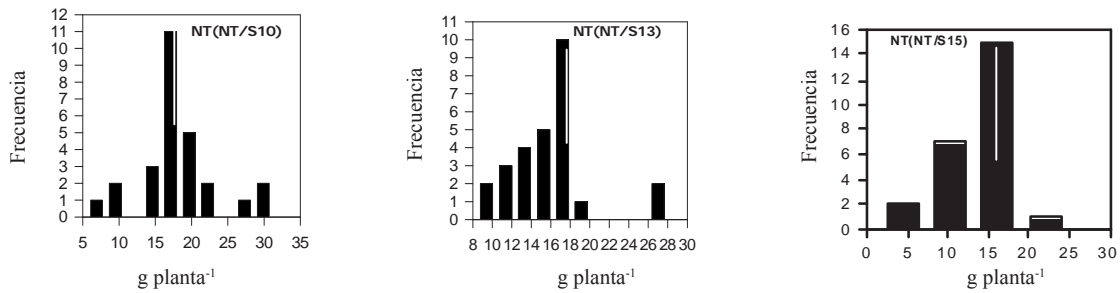
las progenies resultaron intermedias entre los progenitores utilizados. Estos resultados sugieren que el tamaño del grano en frijol es de herencia oligogénica (pocos genes) (Ascher *et al.* 1994, Anderson *et al.*, 1996), ya

que fue posible recuperar un porcentaje relativamente importante de segregantes con el tamaño del grano del progenitor cultivado con tan sólo una retrocruza (Figura 2).

Cruzas simples



Retrocruzas



Cruzas simples con doble recombinación

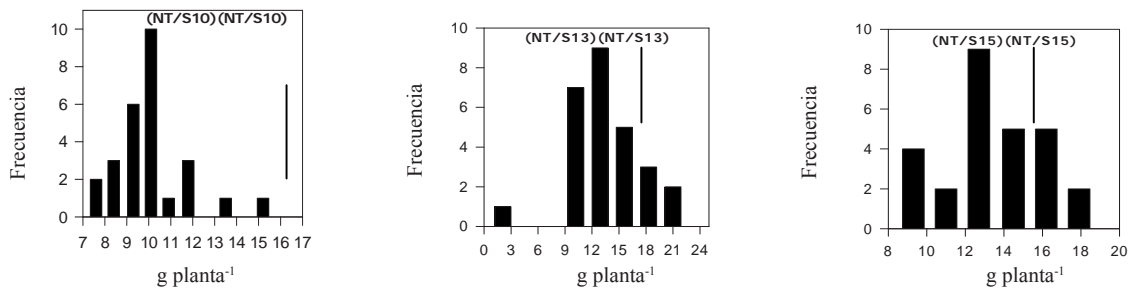


Figura 2. Frecuencia del peso de 100 granos en poblaciones segregantes derivadas de cruzas simples, retrocruzas y cruzas simples con doble recombinación entre el progenitor cultivado Negro Tacaná con los genotipos silvestres S10, S13 y S15. La flecha indica el promedio del peso de 100 granos del progenitor cultivado Negro Tacaná, el cual fue de 16.8 g.

Estos resultados preliminares indican que solo un progenitor silvestre, S13, produjo progenies superiores a través de los tres tipos de cruzamientos utilizados. A pesar de lo anterior, sin duda, la retrocruza es el método de mejoramiento apropiado para incorporar germoplasma de cualquier población silvestre a una cultivada en un programa de mejoramiento de frijol, para la recuperación de características complejas como es el rendimiento, así como para aquellas características relativamente simples como el tamaño de grano.

Por otro lado, la utilización de poblaciones asilvestradas, que se desarrollan en sitios cercanos al cultivo y que muestran características de los cultivados, aún en cruza simples pudieran ser de utilidad tal y como se observó con la cruce del NT/S10. Beebe *et al.* (1997) presentaron evidencia contundente que apoya la utilización de las poblaciones asilvestradas (weedy) en el mejoramiento de la forma cultivada de *P. vulgaris* L. Este tipo de poblaciones muestra una gran variación genética.

Frecuencias de rendimiento por planta

En las poblaciones segregantes de cruza simples la NT/S10 detectó un total de 191 plantas cuantificadas, de las cuales 62.8% tuvo una media de rendimiento de 5-40 g planta⁻¹, 33.5% obtuvo rendimientos de 51-85 g planta⁻¹ y sólo 3.7% de la población indicó de 96-164 g planta⁻¹ (Figura 1). En la población NT/S13, se cuantificaron 168 plantas, de éstas 80.4% rindieron de 4-37 g planta⁻¹, 15.5%, presentó rendimientos de 45-86 g planta⁻¹ y 4.1% mostró rendimientos de 94-119 g planta⁻¹. Mientras que la población NT/S15, se cuantificaron 135 plantas, de las cuales 77.8% tuvieron rendimientos de 7-40 g planta⁻¹; 17% presentó rendimientos de 51-85 g planta⁻¹ y 5.2% con rendimientos de 95-162 g planta⁻¹. Las tres poblaciones mostraron mayor porcentaje de plantas con rendimiento cercano a los 40 g planta⁻¹, dentro de las cuales se ubica el rendimiento promedio por planta del progenitor Negro Tacaná que fue de 31.9 g. En la población derivada de NT/S15, y en todas las cruza con S15 como progenitor, se observó el menor número de plantas ya que los muchos segregantes de esta cruce fueron de grano muy pequeño y mostraron dificultad para el establecimiento en siembra directa en el campo.

En las tres poblaciones se observó alta frecuencia de plantas con rendimiento de 5-40 g planta⁻¹ lo que provocó en las gráficas de distribución una marcada tendencia hacia la izquierda, que es donde se ubicó el porcentaje más alto de

individuos en las tres poblaciones (Figura 1). A la derecha se observa una distribución más pequeña de plantas con rendimiento por planta de hasta 165 g en la población de NT/S15.

Entre las poblaciones segregantes derivadas de las retrocruzas Negro Tacaná (NT/S10) presentó un total de 287 plantas, de las cuales 78.7% tuvo rendimientos promedios de 5-36 g planta⁻¹; 20.2% presentó rendimientos de 45-86 g planta⁻¹ y sólo 1.1% tuvo rendimientos de 96-146.7 g planta⁻¹ (Figura 1). La población Negro Tacaná (NT/S13), tuvo un total de 220 plantas, de las cuales 65.5% tuvo rendimientos de 6-31 g planta⁻¹, 30.9% presentó rendimientos de 43-81 g planta⁻¹ y 4.6% con 93-180.2 g planta⁻¹. Dentro de la población Negro Tacaná (NT/S15) se obtuvieron 181 plantas de las cuales 62.4% presentó rendimientos de 7-33 g planta⁻¹; 34.3% con rendimientos de 45-84 g y 3.3% tuvieron rendimientos de 97 a 187 g planta⁻¹.

Al igual que en las poblaciones derivadas de cruza simples, las que provienen de retrocruzas presentaron un porcentaje mayor de 50% de la planta con rendimientos bajos de hasta 36 g planta, dentro de las cuales se ubica el rendimiento promedio del progenitor cultivado. En la Figura 1 las poblaciones segregantes derivadas de las retrocruzas muestran una mayor tendencia hacia la izquierda que la observada en las poblaciones derivadas de las cruza simples con doble recombinación.

Dentro de las poblaciones segregantes de cruza de doble recombinación, (NT/S10)(NT/S10) tuvo un total de 165 plantas, de las cuales 72.1% mostró rendimientos de 2.5-22.1 g planta⁻¹; 21.2% tuvieron rendimientos de 27-46.6 g planta⁻¹ y 6.7% restante, presentó rendimientos de 51-71 g planta⁻¹ (Figura 1). En la población (NT/S13)(NT/S13) hubo un total de 196 plantas, de las cuales 69.9% presentó un rendimiento de 5-34 g planta⁻¹; 27% de 44-83 g planta⁻¹ y 3.1% de 91-141 g planta⁻¹. En la población (NT/S15)(NT/S15) se cuantificaron 171 plantas, de las cuales 78.4% tuvieron rendimientos de 5-36 g planta⁻¹; 19.3% de 46-87 g planta⁻¹ y el 2.3% restante mostró rendimientos de 97-148 g planta⁻¹. En estas poblaciones, la cruce de (NT/S10)(NT/S10), presentó el mayor porcentaje de plantas con rendimiento por planta por debajo de la media del progenitor cultivado y no mostró planta alguna con rendimiento significativamente superior al progenitor cultivado.

Como se observó en los resultados anteriores, las poblaciones segregantes derivadas de las retrocruzas,

son las que presentaron una mayor población de plantas individuales en comparación de los otros dos tipos de cruza, lo que se atribuye a un mayor tamaño de semilla que facilitó el establecimiento del cultivo.

Los resultados demuestran que en todas las poblaciones existe una variación alta en cuanto al rendimiento por planta, ya que encontramos plantas con rendimientos menores, iguales y superiores al progenitor cultivado Negro Tacaná. Es probable que la mayor acumulación de genotipos con bajos rendimientos tal y como se observa en la Figura 1, se deba a la tardicidad de los mismos y no a un bajo potencial productivo. Esos genotipos de bajo rendimiento por lo general iniciaron la floración alrededor de los 80 días después de la siembra y fueron de grano pequeño, es decir, mostraron las características dominantes del progenitor silvestre.

En general, en todas las poblaciones segregantes el porcentaje de plantas individuales con rendimiento significativamente superior al progenitor cultivado fue mínimo, de 1-7%. A través de los tres tipos de cruza, las que incluyeron al S13 como progenitor mostró mayor número de plantas con alto rendimiento (Figura 1).

Frecuencias del peso de 100 granos de planta

En las poblaciones segregantes de cruza simple, Negro Tacaná/S10 tuvo un 11.1% de plantas con peso de 6-10 g; 55.6% presentaron un peso de 11-15 g y 33.3% pesaron entre 16 y 18 g, es decir, 33.3% de las plantas mostró un peso de grano similar al del progenitor cultivado Negro Tacaná (Figura 2).

En las poblaciones derivadas de retrocruza Negro Tacaná/S13 presentó 59.3% de plantas con un peso de 6-10 g; 33.3% fue de 11-15 g y 7.4% tuvieron un peso de 16 a 18 g. En esta retrocruza sólo 7.4% de las plantas presentaron un peso similar al del progenitor cultivado. Dentro de la población Negro Tacaná/S15, 70.4% de las plantas, tuvieron un peso de 5-9 g; 22.2% mostró un peso entre 11 y 17 g y 7.4% restante tuvo un peso de 19-26 g por 100 granos, el cual fue superior al promedio del progenitor cultivado Negro Tacaná (Figura 2).

En las poblaciones derivadas de las cruza simple, se observó una marcada tendencia hacia la izquierda y la mayor cantidad de plantas con un peso de 100 granos menor a la media del peso del progenitor cultivado Negro Tacaná; mientras que la frecuencia de plantas con peso de 100 granos similar al progenitor cultivado fue baja.

En la población Negro Tacaná (NT/S10) 11.1% de las plantas tuvieron un peso de 6-12 g, 70.4% presentó un peso entre los 14 y 19 g y 18.5% tuvieron un peso de 22-32 g. Dentro de la población Negro Tacaná (NT/S13) el 33.3% de las plantas tuvieron un peso promedio de 9-13 g por 100 granos, el 59.3% pesó entre los 15 y 21 g y 7.4% presentó un peso de 23 a 28 g. En la población Negro Tacaná (NT/S15), 88.9% de las plantas presentaron un peso promedio de 4-16 g 7.4%.

En las poblaciones derivadas de las retrocruza se presentó la mayor frecuencia de plantas con un peso de 100 granos similar al progenitor cultivado Negro Tacaná. Estos resultados indican que la retrocruza permite una rápida recuperación de las características del grano del progenitor recurrente, el cultivado.

Dentro de las poblaciones segregantes derivadas de cruza simple con doble recombinación la del (NT/S10)(NT/S10) tuvo un 40.7% de plantas con un peso de 7 a 9 g por 100 granos, 51.9%, de 10 a 12 g y 7.4% mostró un peso de 13 a 16 g. En la población (NT/S13)(NT/S13) 7.4% de las plantas tuvieron un peso de 2 a 7 g, 77.8% de 10 a 15 g y finalmente 14.8% de 18 a 23 g. En la población segregante de (NT/S15) (NT/S15), 25.9% del total de las plantas tuvieron un peso de 9 a 11 g, 70.4% de 12 a 16 y 3.7% obtuvo un peso entre 17 y 19 g 100 granos.

En las poblaciones de las cruza dobles recombinantes se observó el mayor porcentaje (85 a 96%) de plantas con un peso de 100 granos menor al progenitor cultivado; esto en parte se atribuye a la tardicidad para florear de esas plantas. Estas mostraron una respuesta similar a las cruza simple, con la mayor parte de la población con un peso de 100 granos menor al progenitor cultivado.

CONCLUSIONES

El método de la retrocruza permitió recuperar en su mayor parte las características agronómicas del progenitor cultivado Negro Tacaná, como son las fenológicas y tamaño del grano. Además, en las poblaciones derivadas por retrocruza la variación fenotípica observada en las características cuantificadas resultó similar a la de las cruza biparentales con una o doble recombinación.

En cuanto al rendimiento, las poblaciones segregantes derivadas de las retrocruza, obtuvieron un rendimiento por

hectárea similar al progenitor cultivado Negro Tacaná, y sólo una de las poblaciones segregantes derivada de la crusa simple (NT/S10) mostró un rendimiento similar.

En todas las poblaciones segregantes que incluyeron al progenitor silvestre G23429 se observó una tendencia hacia un mayor número de plantas individuales con rendimiento significativamente superior al progenitor cultivado Negro Tacaná.

AGRADECIMIENTO

A la Fundación McKnight, proyecto Milpa, por el financiamiento parcial otorgado a esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Acosta, G. J. A.; Muruaga, M. J. S.; Cardenas, R. F. y Khairallah, M. M. 1996. Estrategias para la utilización de germoplasma de *Phaseolus* en el mejoramiento genético. *Ciencia (México)* 47:149-160.
- Anderson, N. O.; Ascher, P. D. and Haghighi, K. 1996. Congruity backcrossing as a means of creating genetic variability in self pollinated crops: seed morphology of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. acutifolius* A. Gray hybrids. *Euphytica*. 87(3):211-224.
- Ascher, P. D. and Anderson, O. Neil. 1994. Congruity backcrossing (CBC) as a means of creating genetic diversity in seed coat phenotypes of *Phaseolus vulgaris* and *P. acutifolius*. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 37:85-86.
- Beebe, S.; Toro, O.; González, A.; Chacón, M. and Debouck, D. G. 1997. Wild-weed-crop complexes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. Fabaceae) in the the Andes of Peru and Colombia, and their implications for conservation and breeding. *Genet. Res. and Crop Evol.* 44:73-91.
- Cardona, C.; Kornegay, J.; Posso, C. E.; Morales, F. and Ramírez, H. 1990. Comparative value of four Arcelin variants in the development of dry bean lines resistant to the mexican bean weevil, *Entomol. Exp. App.* 56:197-206.
- Debouck, D. G. 1991. Systematics and morphology, *In: Van Shoonhoven, A. and Voyses, O. (eds.), commom beans: research for crop improvement, common-wealth agricultural bureaux, (International, Wallingford, united Kingdom)* p. 55-118.
- Debouck, D. G. 2000. Biodiversity, ecology, and genetic resources of *Phaseolus* beans - Seven answered and unanswered questions. K. Oono (ed.), *Wild legumes. 7th MAFF International Workshop on Genetic Resources, National Institute of Agrobiological Resources, Tsukuba, Japan.* p. 95-123.
- Delgado, S. A.; A. Bonet and Gepts. P. 1988. The wild relative of *Phaseolus vulgaris* L. in middle America. *In: P. Gepts (ed.) Genetic Resurces of Phaseolus Beans, Kluwer, Dordrecht, Netherlands.* p. 163-184.
- Evans, A. M. 1980. Structure, variation, evolution, and classification in *Phaseolus*. p. 337-347. *In: R. J. Summerfield and A. H. Bunting (ed.)*
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2ª. Edición, UNAM, D. F. 246 p.
- Gepts P. 1999. Development of an integrated linkage map. *In: Singh SP (ed) Common bean improvement for the twenty-first century. Kluwer, Dordrecht: p. 53-91, p. 389-400.*
- Goossens, A.; Quintero, C.; Dillen, W.; Rycke, R. D.; Flower, V. J.; Clercq, J. D.; Montagu M. V.; Cardona, C. and Angenon G. 2000. Analysis of bruchid resistance in the wild common bean accessions G02771: no evidence for insecticidal activity of arcelin 5. *Journal of Experimental Botany.* 51(348):1229-1236.
- López, S. E.; Becerra, L. N. E.; Cano, R. O.; Ortega, Z. A. D.; Acosta, G. A. J. 1996. Adaptación y calidad tecnológica de la variedad de frijol Negro Tacaná. *Agronomía Mesoamericana* 7(1):26-34.
- Pérez, H. P., Esquivel, E. G. and Acosta-Gallegos, J. A. 1998. Seed quality traits of wild, weedy and cultivated *Phaseolus vulgaris*. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 41:114-115.
- Silbernagel, M. J. and Hannan R. M. 1988. Utilization of genetic resources in the development of commercial bean cultivars in the USA, *In: P. Gepts (ed), Genetic Resources of Phaseolus beans (Kluwer, Dordrecht, Netherlands)* p. 561-596.
- Singh, S. P. 1999. Production and utilization. *In: S.P. Sing (ed.) Common bean improvement in the Twenty-first century. Developments in plant breeding. Vol. 7. Kluwer Academic Publishers.* p. 1-24.
- Singh, S. P. 2001. Broadening the Genetic Base of Common Bean Cultivars. *Crop Science.* 41:1659-1675.

Toro, O.; Tohme, J. and Debouck, D. G. 1990. Wild bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Description and distribution. IBPGR International Board for Plant Genetic Resources. CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 106 p.