

# Habilidad combinatoria del crecimiento, fijación de nitrógeno y rendimiento de grano en frijol común<sup>1</sup>

Juan Carlos Rosas y Oswaldo I. Varela<sup>2</sup>

**Resumen:** Un ensayo de campo fue conducido en 1989 en El Zamorano, Honduras, para estimar las diferencias en habilidad combinatoria en crecimiento, fijación de nitrógeno y rendimiento de grano, en ocho genotipos de frijol común. El estudio fue conducido en un lote marcado con fertilizante sulfato de amonio conteniendo 14.8 % de <sup>15</sup>N. Se utilizaron 16 poblaciones F<sub>1</sub> desarrolladas cruzando cuatro líneas con tipo de grano comercial rojo pequeño, con cuatro líneas altas fijadoras de N<sub>2</sub>. El diseño factorial fue usado para desarrollar las poblaciones F<sub>1</sub>. Las plantas fueron inoculadas a la siembra con una mezcla de tres cepas de *Rhizobium*. Los análisis de varianza para habilidad combinatoria general (HCG) y específica (HCE), indicaron diferencias en HCG para el porcentaje de N total, rendimiento de grano (RG) e índice de cosecha (IC) entre las líneas comerciales, y para RG e IC entre las líneas de alta fijación de N<sub>2</sub>. Diferencias significativas para HCE fueron encontradas para el porcentaje de N<sub>2</sub> fijado de la atmósfera, RG e IC.

**Palabras claves:** Habilidad combinatoria, fijación de nitrógeno, *Phaseolus vulgaris*.

**Abstract:** A field experiment was conducted in 1989 at El Zamorano, Honduras, to estimate the combining ability of plant growth, nitrogen fixation and grain yield among eight common bean genotypes. The study was carried out in a field plot previously labeled with ammonium sulphate fertilizer containing 14.8% <sup>15</sup>N. The 16 F<sub>1</sub> populations used in this study were developed by crossing four small red-seeded, commercial lines, with four lines identified as high N<sub>2</sub> fixers. The factorial design was used to develop the F<sub>1</sub> populations. Bean plants were inoculated at planting with a mixture of three *Rhizobium* strains. Analyses of variance for general and specific combining ability (GCA and SCA), indicated differences for GCA for the percentage of total N, grain yield (GY) and harvest index (HI) among the commercial lines, and for GY and HI among the high N<sub>2</sub> fixing lines. Significant differences for SCA were found for the percentage of N<sub>2</sub>, GY and HI.

**Key words:** Combining ability, nitrogen fixation, *Phaseolus vulgaris*.

## INTRODUCCION

La producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Honduras es mayormente llevada a cabo por pequeños agricultores en fincas de ladera. Las

enfermedades y plagas, lluvias insuficientes y baja fertilidad, son los factores más limitantes de la producción de frijol en este país (Adams, 1984). Las nuevas variedades resistentes a enfermedades requieren del uso de fertilizantes nitrogenados para poder alcanzar su potencial productivo; dicho insumo es caro y poco disponible a estos pequeños agricultores. Además, estas variedades frecuentemente fijan menos nitrógeno atmosférico (N<sub>2</sub>) que las variedades tradicionales.

<sup>1</sup>Departamento de Agronomía de Zamorano (Publicación AG-9504), con el apoyo del Board on Science and Technology for International Development, Research Grants Program (Donación No. BNF-HN-1-87-74)

<sup>2</sup>Jefe y Asistente de Investigación, Departamento de Agronomía, Zamorano, Apartado 93, Tegucigalpa, Honduras

Variedades mejoradas que combinen caracteres agronómicos deseables con niveles crecientes de fijación de  $N_2$  pueden ser desarrolladas mediante cruzamiento y selección. Sin embargo, la mayoría de estas líneas han sido desarrolladas principalmente mediante el uso de un sólo padre donante con alta capacidad de fijación de  $N_2$ , el cultivar "Puebla 152" (Bliss, 1985; McFerson et al., 1982). Nuevas fuentes de alta fijación están actualmente disponibles en algunos programas involucrados en el mejoramiento de la fijación de  $N_2$  en frijol. En un futuro cercano, los mejoradores tendrán disponible un germoplasma más variado del cual escoger sus líneas parentales con alta fijación de  $N_2$ . Padres superiores para el mejoramiento pueden ser identificados mediante las siguientes bases para establecer superioridad: valor fenotípico (el comportamiento de genotipos en repeticiones y ambientes), comportamiento de progenie para establecer valor genotípico per se, y habilidad combinatoria.

Sprague y Tatum (1941) introdujeron los conceptos de habilidad combinatoria general (HCG), la habilidad de un genotipo de producir una descendencia superior cuando se cruza con una base genética amplia, y habilidad combinatoria específica (HCE), el comportamiento de ciertas combinaciones híbridas en relación al comportamiento promedio (o HCG) de las líneas parentales. Estos autores interpretaron a la HCG como una indicación de genes que tienen un efecto mayormente aditivo, y la HCE como indicativo de genes que poseen efectos dominantes y epistáticos (Hallauer y Miranda, 1981). Aunque las nociones de HCG y HCE han sido usadas extensivamente en el mejoramiento de maíz y otras especies cultivadas, su aplicación en cultivos de leguminosas de grano es más bien limitada. Más aún, los estimados de habilidad combinatoria para fijación de  $N_2$  en genotipos de leguminosas de grano son desconocidos. Pereira et al. (1986), usando un análisis de diálolos para identificar líneas de frijol con buena habilidad combinatoria para número de nódulos, encontraron que la HCG fue altamente significativa, mientras que la HCE no fue

significativa, entre 10 líneas de grano negro crecidas en jarras de Leonard modificadas en un cuarto de crecimiento. En este estudio, los cruces que involucraron a Puebla 152, WBR 22-34 y BAT 76, tuvieron los promedios de número de nódulos más altos. Estos tres genotipos, conocidos como buenos fijadores de  $N_2$  mostraron efectos de HCG positivos, indicando que transmitieron a sus progenies sus méritos genéticos para producción de nódulos.

El presente estudio fue conducido para identificar diferencias en habilidad combinatoria para variables de crecimiento, fijación de  $N_2$  y rendimiento de grano, entre un grupo de genotipos recomendados como líneas parentales en base a su comportamiento fenotípico. La información a ser obtenida se esperaba que pudiese ayudar a los mejoradores en su decisión de cómo escoger líneas parentales y métodos de mejoramiento más efectivos.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento fue conducido en 1989 en El Zamorano, Honduras, para estimar los efectos de la habilidad combinatoria de ocho genotipos de frijol común usados como líneas parentales, sobre el crecimiento, fijación de  $N_2$  y rendimiento de grano de sus progenies  $F_1$ .

El estudio fue llevado a cabo en un lote previamente marcado con  $^{15}N$  usando el siguiente procedimiento. El 17 de agosto 1989, se sembró la variedad de maíz HB-104, se fertilizó con 13.5 kg/ha de sulfato de amonio con 14.8 % de  $^{15}N$ . El fertilizante  $^{15}N$  fue aplicado en cinco aplicaciones fraccionadas a los 21, 44, 47, 50 y 54 días después de la siembra (DDS). En un asperjador manual se diluyeron 125 g de fertilizante en 15 L de agua, y se aplicó directamente al fondo de un surco de 2.5 cm de profundidad a lo largo de la hilera de plantas, e inmediatamente se cubrió con azadón. A los 70 DDS, durante la etapa de espigado, las plantas fueron cosechadas, inmediatamente picadas en pedazos de aproximadamente 2.5 cm, distribuidos uniformemente sobre la superficie del terreno e incorporadas a 20 cm de profundidad, con un pase de rastra. El suelo

(typic ustifluent) era de: textura areno-limoso, pH 5.9, 1.05 % de materia orgánica, 0.13 % de N total, 24 ppm de P y 304 ppm de K.

El estudio de habilidad combinatoria fue sembrado el 15 de noviembre 1989. La fertilización consistió en 1000 kg/ha de material calizo, aplicado al voleo e incorporado durante la preparación del terreno, y 300 kg/ha de superfosfato triple (0-46-0) y 0.5 kg/ha de molibdato de sodio, aplicados en banda a la siembra. El herbicida metalaclor, 0.96 kg i.a./ha, el fungicida PCNB, 7.5 kg i.a./ha, y el insecticida carbofuran, 1.0 kg i.a./ha, fueron aplicados al suelo antes de la siembra.

Se sembraron 16 poblaciones F<sub>1</sub> desarrolladas mediante los cruzamientos de cuatro líneas de grano rojo pequeño tipo comercial ("Desarrural 1R", "Cuarenteño CB", "RAB 201" y "Catrachita") con cuatro líneas identificadas como de alta fijación de N<sub>2</sub>, una de grano tipo crema, "RIZ 29" (CIAT, 1987a), y tres de grano negro pequeño, "RIZ 36" (CIAT, 1987a), "WBR 22-34" (Bliss *et al.*, 1989) y Puebla 152 (McFerson *et al.*, 1982). El Diseño II (o diseño factorial) de Comstock y Robinson (1948) fue utilizado para desarrollar las 16 poblaciones F<sub>1</sub>. De acuerdo con este diseño, cada una de las líneas comerciales de grano rojo y las de alta fijación de N<sub>2</sub> fueron cruzadas con las cuatro líneas del otro grupo pero no entre las pertenecientes al mismo grupo.

Las unidades experimentales consistieron de ocho plantas F<sub>1</sub> arregladas en un diseño de bloques completamente al azar con cinco repeticiones. Las semillas fueron sembradas a 0.6 m entre hileras y 0.1 m entre plantas. A los extremos de cada parcela de frijol se sembraron a la misma distancia, cinco plantas de soya no-noduladora de la variedad "Clark"; las plantas de soya fueron usadas como cultivo de referencia. Las plantas de frijol fueron inoculadas con un inoculante granular aplicado al suelo preparado con una mezcla de tres cepas de *Rhizobium* spp. (TAL 182, Kim 5 y CIAT 899). Las cepas TAL 182 y Kim 5 son aislamientos de *R. etli*, mientras que CIAT 899 es la cepa tipo para *R. tropici* (Segovia *et al.*, 1993). Riegos suplementarios fueron necesarios para proveer una humedad de suelo adecuada durante el

experimento. Los insectos y enfermedades foliares fueron controlados con aplicaciones de pesticidas comerciales recomendados.

Las partes aéreas de seis plantas por parcela fueron cosechadas durante la parte final de la etapa de llenado de vainas pero antes de la senescencia de las hojas (etapa R8 de acuerdo a CIAT, 1987b). Las muestras fueron inmediatamente separadas en hojas, tallos y peciolos, y vainas y granos; y secadas en una estufa a 70°C por 48 horas. Las muestras secas fueron pesadas, molidas, y enviadas a Isotec Lab, Miamisburg, Ohio, para determinar porcentaje de N total (PNT), y de átomos % <sup>15</sup>N. El crecimiento de las plantas y el rendimiento de grano fueron estimados usando el peso seco de la parte aérea y de granos de ocho plantas, respectivamente. El índice de cosecha fue estimado por la relación de los pesos secos de grano/ (parte aérea + grano) expresado en porcentaje. El porcentaje de N<sub>2</sub> fijado en la planta proveniente de la atmósfera (NFA) y el N<sub>2</sub> fijado total por planta (NFT) fueron estimados usando las siguientes ecuaciones:

$$\text{NFA} = [1 - (\text{átomos } \% \text{ } ^{15}\text{N} \text{ exceso N frijol} / \text{átomos } \% \text{ } ^{15}\text{N} \text{ exceso derivado N suelo})] \times 100$$

$$\text{NFT (mg/pl)} = (\text{NFA}) (\text{mg/planta peso seco parte aérea}) / 100$$

donde átomos % <sup>15</sup>N exceso = (átomos % <sup>15</sup>N muestra - átomos % <sup>15</sup>N del N<sub>2</sub> del aire), y donde los átomos % <sup>15</sup>N del aire es 0.3663 (Peoples *et al.*, 1989). Los átomos % <sup>15</sup>N del N derivado del suelo fueron estimados de los átomos <sup>15</sup>N de las plantas de soya no-noduladora cultivada como cultivo de referencia en el mismo suelo y sobre el mismo periodo que las plantas de frijol en prueba.

Los análisis de varianza de los datos de todos los caracteres incluídos en el estudio fueron efectuados de acuerdo al diseño II, modelo I, donde los cuadrados medios esperados para las líneas comerciales de grano rojo pequeño (hembras) y las líneas de alta fijación de N<sub>2</sub> (machos) son equivalentes a HCG, y la fuente de variación comercial x alta fijación de N<sub>2</sub> es

equivalente a HCE en el análisis dialélico (Hallauer y Miranda, 1981).

Los efectos de HCG de los caracteres asociados con crecimiento de las plantas, fijación de N<sub>2</sub> y rendimiento de grano fueron estimados usando las siguientes ecuaciones:

$$g_i = \bar{X}_i - \bar{X}.. \quad (\text{HCG líneas comerciales})$$

$$g_j = \bar{X}_j - \bar{X}.. \quad (\text{HCG líneas alta fijación})$$

donde  $g_i$  y  $g_j$  son desviaciones de los promedios de las plantas F<sub>1</sub> del gran promedio de las 16 poblaciones F<sub>1</sub>.

Los efectos de HCE, para los mismos caracteres como para la HCG, fueron estimados mediante la siguiente ecuación:

$$S_{ij} = \bar{X}_{ij} - (\bar{X}_i + \bar{X}_j)/2 + (\bar{X}_{ij} - \bar{X}..)$$

donde  $\bar{X}_{ij}$  es la desviación de un promedio F<sub>1</sub> dado del promedio de sus líneas parentales más la desviación de ese mismo promedio F<sub>1</sub> del gran promedio.

## RESULTADOS

Hay diferencias en HCG en las variables PNT, rendimiento de grano (RG) e índice de cosecha (IC) en las líneas comerciales, y RG e IC en las líneas de alta fijación de N<sub>2</sub>, y diferencias significativas en HCE para el NFA, RG e IC (Cuadro 1).

Valores promedios de HCG significativos y efectos de HCG para PNT fueron observados en dos de las líneas comerciales, Cuarenteño CB y Catrachita (Cuadro 2). La línea comercial Desarrural 1R, una línea resistente al virus del mosaico común derivada de una variedad criolla hondureña, presentó el promedio más bajo y un efecto negativo de HCG para el PNT. Sin embargo, diferencias significativas en los promedios y efectos positivos de HCG para RG fueron observados en la línea comercial Desarrural 1R, así como también en las líneas de alta fijación de N<sub>2</sub> RIZ 29 y RIZ 36. Así mismo, los valores promedios y efectos de HCG fueron superiores para el IC en las mismas líneas de alto RG, Desarrural 1R, RIZ 29 y RIZ 36.

Valores promedios superiores y efectos positivos de HCE fueron encontrados para la variable NFA en los cruces F<sub>1</sub> RAB 201 x Puebla 152 y Catrachita x RIZ 29, y menor en los cruces Desarrural 1R x RIZ 29 y RAB 201 x RIZ 36. Resultados similares fueron observados para el RG en los cruces Desarrural 1R x RIZ 29, Desarrural 1R x RIZ 36 y RAB 201 x RIZ 29. Promedios superiores y efectos positivos de HCE fueron observados para el IC en los cruces que también fueron altos en RG (Desarrural 1R x RIZ 29 y Desarrural 1R x RIZ 36), así como en los cruces Cuarenteño CB x Puebla 152, RAB 201 x RIZ 29 y RAB 201 x RIZ 36 (Cuadro 3).

Efectos negativos altos de HCE fueron hallados en los cruces Catrachita x WBR 22-34 para NFA; Desarrural x Puebla 152 y RAB 201 x WBR 22-34 para RG; y Desarrural 1R x Puebla 152, RAB 201 x WBR 22-34, RAB 201 x Puebla 152 y Catrachita x Puebla 152 para IC. Los efectos negativos más altos de HCE fueron observados en los cruces que involucraron a las líneas de alta fijación de N<sub>2</sub>, Puebla 152 y WBR 22-34.

## DISCUSION

A pesar que el número de líneas incluidas en el estudio fue relativamente pequeño, hubieron efectos significativos en HCG y/o HCE en crecimiento, fijación de N<sub>2</sub> y RG, involucrando a las líneas comerciales Catrachita y Desarrural 1R, y las líneas de alta fijación RIZ 29 y RIZ 36. Diferencias significativas en fijación de N<sub>2</sub> sólo fueron observadas en HCE para la variable NFA. Los valores promedios de NFA variaron de 28.3 a 36.0 %. Sin embargo, resultados muy opuestos fueron observados en los efectos de HCG y HCE para RG e IC. Los efectos de HCE más altos se registraron en los cruces entre Desarrural 1R y RIZ 29 y RIZ 36, las líneas con los efectos positivos más altos para ambas variables.

Debido a que los efectos de HCG son importantes en caracteres cuantitativos de cultivos autógamos como frijol común, los procedimientos simples de selección pueden ser usados para identificar líneas parentales con valores de HCG superiores para la capacidad de

**Cuadro 1.** Valores F del análisis de varianza de la habilidad combinatoria general (HCG) y específica (HCE) del porcentaje y contenido de nitrógeno total (PNT y CNT), porcentaje de nitrógeno fijado de la atmósfera (NFA) y total por planta (NFT), peso seco parte aérea (PSA), rendimiento de grano (RG) e índice de cosecha (IC), de plantas F<sub>1</sub> de frijol común derivadas de cruzamientos entre cuatro líneas comerciales (C) y cuatro líneas de alta fijación (AF) de N<sub>2</sub>. Zamorano, Honduras. 1989.

Fuentes de variación	Grados de libertad	N total		N <sub>2</sub> fijado		PSA	RG	IC
		PNT	CNT	NFA	NFT			
Repetición	4	0.34	0.19	21.80**	2.67**	0.11	0.30	1.80
HCG-(C)	3	2.80*	0.48	1.63	0.86	0.62	2.71*	6.40**
HCG-(AF)	3	0.42	0.75	1.17	1.28	1.06	6.60**	18.90**
HCE-(C x AF)	9	0.66	1.12	2.16*	0.94	1.20	2.13*	4.21**
Error	60							

<sup>z</sup> Diseño II, Modelo I (Comstock y Robinson, 1948)

\* Significativo al  $P \leq 0.05$

\*\* Significativo al  $P \leq 0.01$

Cuadro 2. Valores promedios por planta y efectos de la habilidad combinatoria general (HCG) del porcentaje y contenido de nitrógeno total (PNT y CNT), porcentaje de nitrógeno fijado de la atmósfera (NFA) y total por planta (NFT), peso seco de la parte aérea (PSA), rendimiento de grano (RG) e índice de cosecha (IC), de plantas F<sub>1</sub> de frijol común derivadas de cruzamientos entre cuatro líneas comerciales y cuatro líneas de alta fijación de N<sub>2</sub>. Zamorano, Honduras. 1989.

Línea parental	N total		N <sub>2</sub> fijado		PSA	RG	IC
	PNT	CNT	NFA	NFT			
	(%)	(mg)	(%)	(mg)	(g)	(g)	(%)
<u>Líneas Comerciales</u>							
Desarrural IR	2.37 (-0.28) <sup>z</sup>	797	33.3	258	32.5	13.6 (+2.4)	40.5 (+4.1)
Cuarenteño CB	2.75 (+0.10)	777	33.1	251	28.2	10.1 (-1.2)	36.4 (-0.1)
RAB 201	2.68 (+0.02)	827	35.6	289	29.4	10.9 (-0.4)	35.3 (-1.2)
Catrachita	2.82 (+0.16)	892	33.0	293	30.2	10.4 (-0.9)	33.6 (-2.8)
DMS (0.05) <sup>y</sup>	0.33	NS	NS	NS	NS	2.7	3.3
<u>Líneas de alta fijación de N<sub>2</sub></u>							
RIZ 29	2.76	874	34.7	295	31.7	13.6 (+2.4)	42.1 (+5.6)
RIZ 36	2.62	877	33.5	289	32.6	13.1 (+1.9)	39.3 (+2.8)
WBR 22-34	2.64	750	32.4	237	27.8	9.1 (-2.1)	32.5 (-3.9)
PUEBLA 152	2.58	791	34.3	270	28.3	9.1 (-2.1)	32.0 (-4.4)
DMS (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	2.7	3.3

<sup>z</sup> Efectos de HCG entre paréntesis

<sup>y</sup> Diferencia mínima significativa al P ≤ .05;

NS = no significativo

Cuadro 3. Valores promedios por planta y efectos de la habilidad combinatoria específica (HCE) del porcentaje y contenido de nitrógeno total (PNT y CNT), porcentaje de nitrógeno fijado de la atmósfera (NFA) y total por planta (NFT), peso seco de la parte aérea (PSA), rendimiento de grano (RG) e índice de cosecha (IC), de plantas F<sub>1</sub> de frijol común derivadas de cruzamientos entre cuatro líneas comerciales y cuatro líneas de alta fijación de N<sub>2</sub>. Zamorano, Honduras 1989.

Cruce	N total		N <sub>2</sub> fijado		PSA	RG	IC
	PNT	CNT	NFA	NFT			
	(%)	(mg)	(%)	(mg)	(g)	(g)	(%)
Desarrural 1R							
x RIZ 29	2.4	876	35.6 (+3.5) <sup>z</sup>	287	36.5	18.8 (+12.8)	51.7 (+25.7)
x RIZ 36	2.4	931	31.0 (-5.1)	292	38.8	17.9 (+11.3)	46.0 (+15.7)
x WBR 22-34	2.4	674	33.0 (-0.6)	215	28.1	9.3 (- 3.9)	33.5 (- 6.0)
x Puebla 152	2.3	715	33.7 (-0.1)	239	26.7	8.2 (- 6.2)	30.9 (- 10.9)
Cuarenteño CB							
x RIZ 29	2.6	736	32.1 (-3.4)	242	28.3	9.9 (- 3.3)	36.0 (- 3.7)
x RIZ 36	2.8	958	33.3 (-0.4)	306	34.2	12.9 (+ 3.0)	37.5 (+ 0.7)
x WBR 22-34	2.9	815	33.4 (+0.3)	268	28.1	9.2 (- 2.4)	33.6 (- 3.7)
x Puebla 152	2.6	575	33.7 ( 0)	186	22.1	8.4 (- 4.0)	38.7 (+ 6.8)
RAB 201							
x RIZ 29	3.0	1038	33.2 (-2.5)	346	34.6	14.6 (+ 5.8)	41.5 (+ 7.9)
x RIZ 36	2.7	821	36.0 (+3.7)	276	30.4	12.3 (+ 1.4)	40.5 (+ 7.3)
x WBR 22-34	2.4	581	34.9 (+2.1)	206	22.3	6.6 (- 8.0)	28.9 (+12.6)
x Puebla 152	2.6	902	38.2 (+7.7)	329	30.2	10.0 (+ 1.2)	30.5 (- 9.1)
Catrachita							
x RIZ 29	3.0	825	38.1 (+8.6)	304	27.5	10.9 (- 1.4)	39.1 (+ 3.9)
x RIZ 36	2.6	806	33.8 (+0.6)	282	26.6	9.4 (- 4.2)	33.5 (- 5.9)
x WBR 22-34	2.8	913	28.3 (-9.8)	258	32.6	11.4 (+ 1.9)	34.0 (- 1.5)
x Puebla 152	2.9	992	31.8 (-3.8)	326	34.2	9.8 (- 1.4)	28.0 (-13.3)
DMS (0.05) <sup>y</sup>	NS	NS	5.3	NS	NS	5.4	6.5

<sup>z</sup> Efecto de HCE entre paréntesis

<sup>y</sup> Diferencia mínima significativa al P ≤ 0.05;

NS = no significativo

fijación de N<sub>2</sub>. Plantas F<sub>1</sub> cultivadas en medio con bajo contenido de N, podrían ser usadas para estimar diferencias en HCG entre genotipos en aquellos caracteres relacionadas con fijación de N<sub>2</sub> como peso seco de la parte aérea, contenido de N total y RG. En condiciones de invernadero, las pruebas de HCG tomarían menos de un año, incluyendo el tiempo de hibridación para obtener las semillas F<sub>1</sub> y las mismas pruebas. Las líneas parentales a ser evaluadas en las pruebas de HCG deberían incluir tipos comerciales y fuentes bien conocidas de alta fijación. La selección por HCG debería considerar los genotipos con el mejor comportamiento promedio (HCG) en cruces con por lo menos las líneas con mayor probabilidad de ser utilizadas como parentales en un programa de mejoramiento, y las mejores combinaciones (HCE) entre líneas comerciales con altas fijadoras, dentro de los mejores genotipos seleccionados por los efectos más altos de HCG.

Los resultados sugieren que la línea comercial Catrachita, posee un efecto significativo de HCG para PNT, y valores superiores de HCG, aunque no significativos, en el contenido de N total y NFT, ambos expresados en mg/pl (Cuadro 2); esta línea podría ser usado como probadora. La evaluación de líneas de alta fijación podría ser llevada a cabo mediante el uso de pruebas de cruce, antes de iniciar un programa para el incremento de la fijación de N<sub>2</sub> en frijol común. El uso de la prueba de cruce permitiría estimar coeficientes de heredabilidad de algunos caracteres y la selección de líneas parentales basado en valores estimados de ganancia por selección (Miranda y Bliss, 1985).

Catrachita presentó mayor HCG para PNT que Desarrural 1R; así como el valor de HCG más alto, aunque no significativo, para NFT. Sin embargo, Desarrural 1R fue superior a Catrachita en HCG para RG e IC. Estos resultados opuestos sugiere que sería más efectivo el utilizar varias líneas comerciales, así como también más de una línea de alta fijación, para producir líneas superiores que recombinen crecimiento, fijación de N<sub>2</sub>, y RG con otros

caracteres deseables. Los métodos de mejoramiento que enfatizan en selección simultánea de varios caracteres, incluyendo fijación de N<sub>2</sub>, son recomendados para el mejoramiento de frijol. Las pruebas de progenie deberían ser conducidas en condiciones de suelo con bajo contenido de N.

## LITERATURA CITADA

- Adams, M.W. 1984. Beans-Cowpeas: Production Constraints and National Programs. Bean/Cowpea CRSP, Michigan State Univ., East Lansing, Michigan, 67 p.
- Bliss, F.A. 1985. Breeding for enhanced nitrogen fixation potential of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). pp 303-310. In P.W. Ludden and J.E. Burris (eds.), Nitrogen Fixation and CO<sub>2</sub> Metabolism. Elsevier Publishers, New York.
- Bliss, F.A., P.A.A. Pereira, R.S. Araujo, R.A. Hensø, K.A. Kmiecek, J.R. McFerson, M.G. Texeira y C.C. de Silva. 1989. Registration of five high nitrogen fixing common bean germplasm lines. *Crop Sci.* 29: 240-241.
- CIAT 1987a. Informe Anual del Programa de Frijol. CIAT, Cali, Colombia.
- CIAT. 1987b. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común; Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. CIAT, Cali, Colombia.
- Comstock, R.E. y H.F. Robinson. 1948. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics* 4: 254-266.
- Hallauer, A.R. and J.B. Miranda. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.
- McFerson, J.R., F.A. Bliss y J.C. Rosas. 1982. Selection for enhanced nitrogen fixation in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). pp 39-44. In P.H. Graham and S. Harris (eds.), BNF Technology for Tropical Agriculture. CIAT, Cali, Colombia.
- Miranda, B.D. y F.A. Bliss. 1985. Breeding value of bean lines for increased nitrogen fixation. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative Group 28: 7-8.
- Peoples, M.B., A.W. Faizah, B. Rerkasem, y D.F. Herridge. 1989. Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field. ACIAR Monograph No. 11, Camberra, Australia.



- Pereira, P.A.A., B.D. Miranda, D. Wolyn, y F.A. Bliss. 1986. Genotypic variability and combining ability for nodule number in common bean. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative Group 29: 87-88.
- Sprague, G.F. and L.A. Tatum. 1941. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. J. American Soc. Agronomy 34: 923-932.
- Segovia, L., J.P.W. Young, and E. Martínez-Romero. 1993. Reclassification of American *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* Type I Strains as *Rhizobium etli* sp. nov. International Journal of Systematic Bacteriology 43: 374-377.