

**EVALUACION DE GENERACIONES SEGREGANTES DE FRIJOL *Phaseolus vulgaris* L. EN CAMPOS DE AGRICULTORES EN CONTRASTE A LA REALIZADA EN ESTACION EXPERIMENTAL***Jorge Alonso Beltrán\***Diosdado Baena García \*\***Julia Kornegay \*\*\****COMPENDIO**

La investigación se realizó en el CIAT, en la Granja de CIAT en Darién y fincas de agricultores del mismo municipio departamento del Valle, entre 1989 y 1991. El análisis de varianza para rendimiento de grano en las generaciones F2 y F6, mostró amplia interacción genotipo x ambiente. En general hubo ganancia en rendimiento de las poblaciones segregantes sobre los parentales, para los sitios de selección (CIAT, Granja y fincas de Darién). La variedad Calima (testigo) fue inferior significativamente en rendimiento con respecto a los demás genotipos. En 18 poblaciones F2 y 18 líneas F6 hubo baja correlación entre Estación Experimental CIAT vs Granja y fincas de Darién. Las diferencias en ganancia genética entre los métodos de mejoramiento masal y pedigree, no fue significativa. Los agricultores seleccionaron las líneas por color (98%), tamaño del grano (96%) y rendimiento (95%).

**ABSTRACT**

This study was conducted at CIAT, in both the research station and farmers' plots, in the Darién area, of the Cauca Valley Department, between 1989 and 1991. The main objectives were to determine the efficiency of evaluation for segregant generations of the bean (*Phaseolus vulgaris* L) with farmers, in contrast to the evaluation that took place in the Research Station and to establish the selection criteria used by farmers in their evaluation of lines. The variation analysis for bean yield in generations F2 and F6 presented a wide interaction between genotype x environment. In general, there was a gain in yield of populations over the parentals, in the diferentes places where selection took place. The Calima variety (check) was significantly inferior in yielding with respect to the other genotypes. Data for 18 populations in F2 in 18 lines in F6, showed a low correlation between the CIAT Experimental Station and the research station and farms of Darien. The analysis for all the localities using both methods, the masal improvement and pedigree, was not significant. The selection criteria used by the farmers for the selection of lines were color (98%), measure of grain (96%), yield (95%).

**INTRODUCCION**

Los programas de investigación orientados al mejoramiento genético de los cultivos que tradicionalmente siembran los pequeños agricultores en los países de bajos ingresos, operan con base criterios como incrementar rendimiento o mejorar resistencia a enfermedades (Ashby et al, 1987).

Existe en la actualidad mayor presión por el logro de resultados efectivos en tales programas

y creciente expectativa por evaluar el impacto de los mismos, en menos tiempo y quizá con menores recursos financieros (Achata, 1988).

La creación de tecnología agrícola es un proceso largo y costoso tanto en recursos humanos como económicos, sin contar el tiempo y el costo asociado con la evaluación y adaptación a las condiciones locales (Achata, 1988).

---

\* Estudiante Postgrado de Producción Vegetal. Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira - A.A. 237 Palmira.

\*\* Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira - A.A. 237 Palmira

\*\*\* Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. A.A. 6713 Cali, Colombia

La experiencia ha demostrado que el Programa de Mejoramiento de frijol del CIAT necesita concentrar su labor en la formación de poblaciones básicas, mientras que los programas nacionales deben jugar un papel importante en el desarrollo y promoción de nuevas variedades (CIAT, 1987).

A pesar de las estrategias de descentralización que se vienen implementando, los programas de mejoramiento no han incursionado en el proceso de selección en diversas condiciones agroecológicas típicas de pequeños agricultores.

Lograr la participación del agricultor significa no sólo requerir su colaboración para obtener información valiosa o para ayudar en el manejo y control de experimentos, sino fundamentalmente incorporarlo, desde el inicio del proceso mismo de investigación.

Esto ha llevado al convencimiento sobre la importancia de las evaluaciones tempranas (en finca) para las tecnologías que se vienen desarrollando en la estación experimental a nivel de pruebas varietales o agronómicas. Los anteriores elementos justificaron la realización del presente trabajo de investigación bajo los siguientes objetivos:

- Determinar la eficiencia del proceso de evaluar líneas parentales y generaciones segregantes de frijol arbustivo en condiciones de pequeños agricultores, en contraste con la realizada en estación experimental.
- Identificar los parámetros aplicados por los agricultores para la selección de plantas en poblaciones segregantes de frijol y confrontar estos criterios con los utilizados por los investigadores en la estación experimental.
- Estimar y comparar la ganancia genética para rendimiento empleando los métodos de mejoramiento pedigree y masal.
- Estimar el grado de adaptabilidad de los parentales a diferentes condiciones agroecológicas.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Los ensayos se localizaron en tres regiones (Cuadro 1): fincas del municipio de Darién; granja manejada por el Programa Genética Andina en Darién y Centro Experimental del CIAT-Palmira, todas ubicadas en el Departamento del Valle del Cauca, Colombia.

La escogencia de los agricultores se hizo teniendo en cuenta su experiencia como cultivador de frijol y su interés por experimentar e innovar en este cultivo.

Una vez escogidos los agricultores se definió la siguiente dinámica de trabajo i) visita a la estación experimental de CIAT y Granja Darién para explicarles cómo se obtienen nuevas variedades, ii) orientación sobre objetivos del trabajo, iii) manejo de los ensayos en la estación experimental y en fincas.

Para la selección de los progenitores se utilizaron seis líneas (AND 658, AND 690, DRK 5, DRK 16, DRK 18 y SUG 5) y tres variedades (Argentino, Cargabello y Nima). La variedad Calima se incluyó como testigo por ser la de mayor aceptación y la más antigua en las zonas de clima medio en Colombia.

La recombinación de caracteres genéticos se realizó por la técnica de hibridación sin emascular el botón, en la estación experimental de CIAT y subestación de Popayán.

Las 18 poblaciones segregantes ( $F_2$ ) constituyeron el material básico para iniciar el proceso de evaluación y selección en los diferentes sitios experimentales.

### Proceso de Mejoramiento

Las 18 poblaciones  $F_2$ , los nueve parentales y la variedad Calima (testigo) se sembraron en CIAT Palmira y Granja Darién en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, en condiciones de manejo similares a las empleadas en las estaciones experimentales (Cuadro 2).

**CUADRO 1. Características climáticas, propiedades físicas y químicas de los suelos en las áreas de estudio.**

	Lugar		
	CIAT Palmira	Granja Darién	Fincas <sup>1</sup> Darién
Altitud (m)	965	1500	1400-1600
Altitud (m)	965	1500	1400-1600
Precipitación (mm)	1000	900	900
Temperatura mín./máx. (°C)	19-29	15-26	14-25
Pendiente (%)	1-5	5-15	20-70
Textura	Arc-Lim	Franco-lim	Franco-Lim
pH	7.0	5-6	5.1-5.9
M.O. (%)	4.2	11.2	10.0-17.5
P (ppm)	81.0	4.3	1.0-9.0
Ca (me/100 g suelo)	17.2	9.6	3.6-9.9
Mg (me/100 g suelo)	11.8	2.0	1.2-3.1
K (me/100 g suelo)	0.5	0.3	1.0-0.8

1/ De 18 muestras

Los tres lotes sembrados en campos de agricultores, se constituyeron en replicaciones del ensayo base. Los agricultores prepararon y surcaron los lotes con las distancias entre surcos y plantas tradicionalmente empleadas por ellos; realizaron todas las prácticas no experimentales las cuales incluyeron control de malezas, aporque, fertilización y control fitosanitario.

La selección en F<sub>2</sub> practicada por el investigador en las estaciones experimentales y por los agricultores en cada una de las fincas, se realizó por dos métodos de mejoramiento: masal y pedigree. Los criterios de selección empleados por el agricultor se analizaron mediante evaluación abierta.

De las 18 poblaciones F<sub>2</sub> los investigadores seleccionaron las 5 mejores, teniendo en cuenta el rendimiento por parcela y por planta, además la tolerancia a enfermedades. Para efectos

comparativos cada agricultor seleccionó las 5 mejores poblaciones según sus criterios.

En la generación F<sub>3</sub>, el investigador realizó selección individual de plantas en las cinco poblaciones provenientes de los dos métodos de selección masal y pedigree. Se realizaron de 20 a 30 selecciones por población. En fincas, los agricultores, realizaron libremente selección individual de plantas. Se tomaron datos de rendimiento de las poblaciones, pruebas de progenie y de parentales.

En la generación F<sub>4</sub> se sembraron entre 50 y 80 pruebas de progenies, los 9 padres, y la variedad Calima (testigo). La cosecha se realizó sobre la parcela total. Los investigadores en la estación experimental seleccionaron las mejores 20 líneas por rendimiento, resistencia a enfermedades y color de grano. Los agricultores hicieron igual número de selecciones, según sus criterios.

CUADRO 2. Esquema del proceso de evaluación de generaciones segregantes por el Método Pedigree y Masal en Campos de Agricultores y Estación Experimental.

Ciclo	Generación	Pedigree	Masal	Localización	Evaluación
Enero-Marzo 1988	Padres	Selección de padres y Cruzamientos		Casa malla CIAT. Campo Popayán	
Octubre 1988	aumento F <sub>1</sub>	Verificación del híbrido <u>Cosecha masal</u>	Verif. del híbrido <u>Cosecha masal</u>	CIAT	
Marzo 1989	F <sub>2</sub> *	<u>Cosecha planta individual</u> <sup>1</sup>	Cosecha masal <u>vaina y planta</u>	CIAT Darién Fincas	Rendimiento de las poblaciones
Octubre 1989	F <sub>3</sub> *	Siembra de la prueba de progenie <u>Cosecha planta individual</u>	Siembra en parcela grande <u>Cosecha pl.ind.</u>	CIAT Darién Fincas	Rendimiento de Familias
Marzo 1990	F <sub>4</sub>	Siembra de prueba de progenie <u>cosecha masal</u> de surcos más uniformes Si hay surcos muy buenos pero desuniformes amerita hacer selección individual	Siembra prueba de progenie <u>Cosecha masal</u> de surcos más uniformes.	CIAT Darién Fincas	Rendimiento de familias
Octubre 1990	F <sub>5</sub>	Ensayo de rendimiento	Ensayo de rendimiento	CIAT Darién Fincas	Rendimiento de Líneas
Marzo 1991	F <sub>6</sub>	PREVEF*	PREVEF	CIAT Darién Fincas	Rendimiento de Líneas

\* Generaciones en las cuales se fija el color comercial.

<sup>1</sup> Para características deseables como rendimiento, resistencia a enfermedades, arquitectura, color, tamaño de semilla. etc.

\* Previvero del equipo de frijol.

Se obtuvieron datos de rendimiento y se agruparon las progenies por familias, separando las provenientes de masal de las obtenidas por pedigree.

En F5 se cosechó cada parcela completa y se tomó rendimiento estimado en kg/ha. En F6, se diseñó un ensayo de rendimiento, con 18 líneas, 9 padres y la variedad Calima. En CIAT y Granja Darién se seleccionaron las 6 mejores líneas; cada agricultor en su finca seleccionó las 2 mejores según sus criterios.

Con los resultados de rendimiento de las líneas en F6, se realizó un análisis combinado por sitios, para estimar efectos tanto de factores simples como de interacciones.

El agricultor en su finca realizó todo el proceso de mejoramiento por selección de plantas individuales en poblaciones segregantes. En todas las generaciones se realizaron dos evaluaciones: en llenado de vaina (verde) y en cosecha (seco).

Estas evaluaciones permitieron determinar la frecuencia y ponderación de cada criterio que empleó el agricultor para identificar los genotipos más importantes en verde y seco.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza para rendimiento de frijol en generaciones F2 y F6 mostró amplia interacción genotipo x ambiente, indicando un comportamiento diferencial de los Genotipos en las localidades consideradas. El comportamiento de los genotipos fue significativamente diferente entre estación experimental CIAT y campos de agricultores. Las diferencias en rendimiento entre parentales y poblaciones segregantes fueron significativas tanto en F2 como en F6 (Cuadro 3).

En F2, la ganancia en rendimiento de las poblaciones segregantes sobre los parentales fue de 23 (Granja Darién), 8% (fincas) y 6% (CIAT). En F6 sólo se presentó ganancia en fincas (8)% y Granja Darién (14%).

En general, el rendimiento de la variedad Cali-

ma (testigo) fue significativamente inferior. La ganancia con respecto a Calima fue del 16% (F<sub>2</sub>) y 14% (F<sub>6</sub>).

## Eficiencia de selección entre áreas

Los datos de rendimiento para las 18 poblaciones F2 y las 18 líneas F6, mostraron baja correlación entre estación experimental CIAT y Granja Darién ( $r = 0.16$  en F<sub>2</sub> y  $-0.13$  en F<sub>6</sub>) entre estación experimental y fincas de agricultores ( $r = 0.34$  en F<sub>2</sub> y  $0.31$  en F<sub>6</sub>). La correlación entre los resultados en fincas vs Granja de Darién, fue significativa tanto para la generación F2 como en F6 ( $r = 0.54$  \*\* en F<sub>2</sub> y  $r = -0.41$  \* en F<sub>6</sub>).

Se presentó una diferencia notable en el orden de rendimiento de los genotipos de una localidad a otra. De las 18 poblaciones F2, para seleccionar las cinco mejores por rendimiento en fincas, implica seleccionar las diez mejores en la Granja Darién y dieciséis en la estación CIAT. En generación F6, para seleccionar las cinco mejores líneas en fincas, se requiere conservar las doce primeras en Darién y diecisiete en CIAT.

La zona de Darién es una región donde la variación ambiental es considerable, en contraste con la sensibilidad del cultivo del frijol a los cambios en el ambiente. La diferencia significativa en rendimiento entre Estación Experimental CIAT y campos de agricultores es explicable en parte al manejo diferente de los ensayos en aspectos como preparación del suelo, sistema de siembra, control de malezas, control de enfermedades y riego. Otros factores como variaciones en condiciones climáticas y en propiedades físico-químicas de los suelos (Cuadro 1), son responsables de las respuestas diferentes en rendimiento entre localidades.

Los rendimientos obtenidos en la estación experimental CIAT para las poblaciones F2 y F6, no correlacionaron con los rendimientos obtenidos en campos de agricultores, debido a condiciones diferentes de clima y manejo.

**CUADRO 3.** Análisis funcional de varianza para rendimiento de frijol (kg/ha) en generaciones F2 y F6 en tres ambientes del Valle del Cauca Colombia.

VARIACIÓN	F2			F6		
	GL	Cuadrado Medio (10 <sup>-3</sup> )	F <sub>c</sub>	GL	Cuadrado Medio (10 <sup>-3</sup> )	F <sub>c</sub>
Ambiente	2	3079	0.28	2	51924	185.8***
CIAT vs Darién	1	206	2.7	1	101578	37.8***
CIAT vs Fincas	1	5952	77.8***	1	2269	8.1***
REP(ambiente)	6	10927	142.9***	6	279	5.4***
Genotipos	27	706	9.2***	27	119	2.3***
Poblaciones (Líneas)	17	874	11.3***	17	112	2.4**
Padres	8	385	5.0***	8	127	2.3**
Padres vs Poblaciones (I)	1	1087	14.2***	1	41	0.8
Calima vs demás	1	3577	46.7**	1	227	1.3**
Genotipo x ambiente	54	250	3.3***	54	187	3.6***

\* P ≤ 0.05, \*\* P ≤ 0.01, \*\*\* P ≤ 0.001

**Comparación entre métodos de Mejoramiento**

El análisis general para todas las localidades arrojó un promedio similar de rendimiento con los métodos de mejoramiento masal y pedigree; no obstante, fue evidente la interacción método por localidad. Para la Granja Darién el método de pedigree presentó una ganancia significativa (en los cuatro ciclos de selección) del 17% sobre el masal. En las fincas de Darién sucedió lo contrario la ganancia por el método masal fue 12% superior al método pedigree (Cuadro 4).

Desde el punto de vista práctico el método de pedigree presentó una importante ventaja sobre el masal, pues facilitó la labor de selección hecha por los agricultores en las generaciones tempranas; no obstante, este procedimiento tiene

desventajas porque agota la variación genética muy temprano, llegándose rápidamente a la homogeneidad intrapoblacional.

El método masal con procedimiento de vaina por planta es de difícil comprensión por los agricultores ya que al seleccionar en generaciones tempranas se manifiesta alta variabilidad genética.

**Adaptabilidad de los progenitores**

Las líneas Cargabello y DRK-18 con rendimiento promedio alto en las diferentes localidades y con un coeficiente de regresión B(i)=1, (metodología de Everhart y Russell, 1966) se clasificaron como de buena adaptación a todos los ambientes y surgen como potenciales variedades.

CUADRO 4. Comparación entre los métodos pedigree y masal para los tres sitios de selección.

Localidad	Masal		Pedigree		Prob.(+)	Diferencia entre Prom (%)
	Rend. Prom. (kg/ha)	No.	Rend. Prom. (kg/ha)	No.		
CIAT	1.642	(87)	1.622	(248)	0.76 N.S.	1
DARIEN	817	(68)	981	(115)	0.04*	17
FINCAS	1.354	(254)	1.193	(620)	0.002**	12
PROMEDIO	1.276	(409)	1.275	(983)	0.98 NS	

(-) Número de observaciones

(+) N. S no significativo

\* P < 0.05 \*\* P < 0.01

La Línea AND 690 y las variedades Calima y Nima con un coeficiente de regresión cercano a 1 son adaptables en ambientes desfavorables, dado que les confiere ventajas como posibles productores para la obtención de cultivares específicos para las zonas de ladera. Estos resultados confirman la amplia distribución de las variedades Calima y Nima en zona de clima medio de Colombia (1200 - 1600 msnm).

Las líneas DRK 18 y AND 658, mostraron mejor adaptación a los ambientes favorables dado que su coeficiente de regresión fue mayor que uno ( $\hat{B}_i > 1$ ). SUG 5 y Argentino son genotipos potenciales para localidades con ambientes desfavorables (coeficiente de regresión menor que 0.9).

#### Evaluaciones realizadas por los productores

Entre los criterios de selección para evaluación en verde, la cantidad de vainas/planta es el indicador de rendimiento que los agricultores consideran como de mayor importancia (94% de los casos); mientras que los relacionados con enfermedades son de uso frecuente (siete criterios de diecisiete).

El desarrollo del follaje (vigor) y el tamaño de la vaina son criterios muy frecuentes y deseables

para seleccionar materiales de frijol (86 y 73%, respectivamente). Los criterios madurez pareja (uniformidad), grosor de la vaina, volcamiento, cosecha tardía, forma de la planta (arquitectura), vaneamiento y presencia de guía (hábito), se consideraron como de menor importancia, según la perspectiva de los productores.

En la evaluación en verde, los criterios de selección como resistencia a enfermedades y rendimiento fueron compartidos por agricultores y fitomejoradores.

Para evaluación en seco los agricultores utilizan preferentemente criterios relacionados con las exigencias del mercado, tales como el color (98%) y tamaño del grano (96%).

Otros criterios como cantidad de vainas/planta (rendimiento), porte de la planta (erecta y con una altura de 60 cm) y tamaño de vaina fueron características significativas en la perspectiva de los agricultores con una frecuencia del 95, 83 y 77% respectivamente.

La forma del grano (8%), la mancha en vainas (antracnosis, mancha angular) (7%), volcamiento (4%), y madurez pareja (2%) fueron características de menor significancia para los agricultores. La única enfermedad tenida en cuenta en seco

para descartar líneas fue antracnosis, ya que su manejo es difícil con la tecnología disponible.

## Ordenamiento de líneas de frijol en generación F<sub>6</sub>

De las 18 líneas evaluadas en seco en F<sub>6</sub>, cada agricultor ordenó las 10 mejores. La línea TM 27 G1 y las variedades Calima y Nima fueron las preferidas. Los puntajes totales fueron similares. La aceptación de estos materiales por los agricultores se basó en criterios de mercadeo. La preferencia por la línea TM 27 G1 se debe principalmente al color rojo y forma redonda tipo radical, que garantiza mejores precios (30% más que los tipo Calima y Nima de color rojo/moteado) (precios de 1993).

Las líneas más sobresalientes fueron las de más bajo rendimiento, lo cual indica que el agricultor da prioridad a las exigencias del consumidor.

La "matriz de ordenamiento" ratifica que el color y el tamaño de grano son los criterios de mayor peso en la selección de líneas de frijol por los agricultores,

## Contraste entre evaluación en verde y evaluación en seco.

Las líneas SUG 5 (65%) y Cargabello (51%) evaluadas en verde se consideraron buenas por los agricultores, debido a la tolerancia a las principales enfermedades y buen rendimiento, principales criterios de selección en los programas de mejoramiento.

La variedad Calima y las líneas DRK 5, DRK 18 tuvieron comentarios regulares/malos en 74, 66 y 62% respectivamente, debido a la susceptibilidad a antracnosis, enfermedad difícil de manejar por los agricultores.

La evaluación en seco, se considera de vital importancia por los agricultores cuando no se hacen perceptibles las enfermedades. Esta evaluación permite seleccionar las líneas con el color y tamaño que requiere el mercado. Calima, Nima, DRK 18 y Cargabello, obtuvieron los mejores comentarios.

Por los resultados del trabajo se deduce que es necesario tener Estaciones Experimentales en zonas frijoleras de cada país donde las condiciones edafoclimáticas sean parecidas, y además tener un manejo lo más aproximado al que realizan los agricultores.

Evaluar generaciones tempranas de frijol, en F2 y F3 en campos de agricultores fue riesgoso, por la poca disponibilidad de semilla expuesta a la variabilidad edafoclimática y de manejo.

La generación F4 puede evaluarse en campos de agricultores con alto grado de seguridad, ya que las familias presentan poca heterocigocidad y los agricultores pueden aplicar sus diferentes criterios de selección.

## BIBLIOGRAFIA

- ACHATA, A. Algunas experiencias del Centro Internacional de la Papa (CIP) en investigación con agricultores en el Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima : CIP, 1988. 30 p.
- ASHBY, J.A.; QUIROS, C.A. y RIVERA, Y.M. Farmer participation in on-farm varietal trials. Agricultural Administration (Research and Extension) Network Discussion Paper. 22 London, 1987.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Programa de Frijol. Informe Anual, 1986. 352 p. (Documento de trabajo No 37).