

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LÍNEAS AVANZADAS DE FRÍJOL VOLUBLE *Phaseolus vulgaris* L. EN PAIPA, BOYACÁ

AGRONOMIC EVALUATION OF ADVANCED COMMON CLIMBING BEAN *Phaseolus vulgaris* L. LINES IN PAIPA, BOYACA

Diana Katherine Ríos M.¹; Silvio Edgar Viteri R.²; Hernando Delgado H.³

Fecha de recepción: Febrero 26 de 2014

Fecha de aceptación: Mayo 14 de 2014

RESUMEN

En Boyacá la oferta de germoplasma de frijol mejorado es baja. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento agronómico de 18 líneas avanzadas volubles de frijol, procedentes del CIAT. Se utilizó el diseño bloques completos al azar, con tres repeticiones, incluyendo Bola Roja, Bolívar y Cargamanto como testigos. Se evaluó días a floración, vigor de crecimiento, días a madurez, incidencia de enfermedades, número de vainas/planta, número de granos/vaina, peso de 100 granos y rendimiento. Los genotipos MAC27, MAC13, MBC26, MBC28 y MBC37 no se diferenciaron del Cargamanto pero sí mostraron ser más precoces que Bola Roja y Bolívar. En días a madurez MAC27 y MBC39 fueron más tempranos que los testigos. Todos los genotipos se comportaron como resistentes a enfermedades, excepto MBC30 que resultó susceptible a *Uromyces phaseoli* y MBC33 a *Phoma exigua*. En número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 semillas y rendimiento se destacaron MAC27 y LAS399, sin diferencia significativa frente a Cargamanto pero si superando a Bola Roja y Bolívar. Pese al efecto de las heladas en la fase final del ciclo, LAS399, MAC27 y Cargamanto produjeron rendimientos de 1300, 1038 y 950 kg/ha, respectivamente, mostrando las ventajas de su precocidad, en comparación a Bola Roja y Bolívar que

1 Docente, I. A., Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle. Bogotá, Colombia. dkrios@unisalle.edu.co

2 Docente, I. A., Ph.D, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja-Boyacá. silvioedgar@hotmail.com

3 Docente, I. A. M.Sc., Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de los Llanos. Meta, Colombia. hdelgado@unillanos.edu.co

son tardíos. Se concluye que LAS399 y MAC27, por su alta precocidad y resistencia a patógenos, son las líneas más promisorias para continuar la evaluación respecto a la posibilidad de ampliar la oferta de germoplasma de frijol voluble en Boyacá.

Palabras clave: Genotipos, Fitomejoramiento, Leguminosas.

ABSTRACT

In Boyaca, supply of improved common bean lines is low. The aim of this study was to evaluate the agronomic performance of 18 improved common climbing bean lines, supplied by the CIAT. A complete randomized experimental block design with 3 replicates was used, which included Bola Roja, Bolivar, and Cargamanto beans as control. Days to flowering, vegetative growth vigor, days to maturity, disease incidence, pod number per plant, seed number per pod, weight per 100 seeds, and yield were evaluated. Genotypes MAC27, MAC13, MBC26, MBC28, and MBC37 did not differ from Cargamanto, but showed to be more precocious than Bola Roja and Bolivar. In days to maturity, MAC27 and MBC39 were more precocious than the controls. All genotypes showed to be resistant to disease attack, except for MBC30 which was susceptible to *U. phaseoli* and MBC33 to *P. exigua*. In terms of pod number per plant, seed number per pod, weight per 100 seeds, and yield, the most promising were MAC27 and LASS399, with no significant difference to Cargamanto, but different from Bola Roja and Bolivar. Despite frost effects at the last phase of the growth cycle, MAC27, LASS399, and Cargamanto produced yields of 1300, 1038, and 950 kg/ha, respectively; showing the advantages of being precocious in comparison to Bola Roja and Bolivar, which were tardy in flowering. It is concluded that LASS399 and MAC27, due to their precocity and resistance to disease, are the most promising lines to continue the evaluation in terms of the possibility of increasing the supply of common climbing bean lines in Boyaca.

Keywords: Genotypes, Plantbreeding, Legumes.

INTRODUCCIÓN

El frijol *Phaseolus vulgaris* L. es una de las leguminosas de grano más importantes en la dieta de la población colombiana (Gallego *et al.*, 2010). Esta leguminosa es considerada como alimento básico debido a su contenido de proteína (15 - 30%), el cual es superior al de otros alimentos importantes como el arroz y el trigo, y a su aporte de calorías (340 por 100 gramos) (Echemendía *et al.*, 2007; FENALCE, 2009). Se estima que para obtener una significativa proporción de nutrientes esenciales una persona debe consumir 12 kg de

fríjol al año. Sin embargo el consumo de fríjol en Colombia ha disminuido en los últimos 30 años a menos de 4,0 kg por año en promedio, por lo cual para cumplir con el compromiso de la seguridad alimentaria es importante estimular tanto la producción nacional como su consumo. El beneficio del consumo de fríjol está asociado con una reducción en el riesgo de enfermedades crónicas como infarto por decremento del colesterol y cáncer de colon, próstata y mama; además, por ser un alimento de lenta digestión y de bajo índice glicémico su consumo es recomendado para diabéticos y por su alto contenido de hierro para el 23% de la población colombiana que presenta deficiencias

de este elemento. Al respecto, el CIAT está avanzando hacia la obtención de nuevas variedades de frijol biofortificado, con mayores contenidos de Fe y Zn (FENALCE *et al.*, 2007).

A nivel mundial, su producción se extiende en los cinco continentes, incluyendo diferentes áreas agroecológicas (Viñals *et al.*, 2002). América Latina sobresale por su mayor producción y consumo, se estima que más del 45% de la producción mundial total proviene de esta región (Rodríguez *et al.*, 2009). En Colombia la producción de frijol es realizada por 65.000 familias concentradas en la Región Andina (88%) y en la Costa Atlántica (12%) (FENALCE, 2011), con un área de siembra cercana a 115.000 ha/año, una producción alrededor de 130.000 t y un consumo anual per cápita de 3,5 kg (Pachón *et al.*, 2009). Según Santana y Mahuku (2002), el frijol tipo voluble en sistema de monocultivo es el más predominante, con un aporte al total de la producción nacional cercano al 65%. En Boyacá, el área cultivada en el año 2011 fue de 1.460 ha (FENALCE, 2011), con las variedades de frijol arbustivo ICA Cerinza e ICA Bachue y frijol voluble Bola Roja y Cargamanto. Las variedades arbustivas ICA Cerinza e ICA Bachue, fueron liberadas hace más de 15 años. Lo anterior demuestra que la oferta de germoplasma mejorado en esta región virtualmente es nula.

En el frijol al igual que en la mayoría de las leguminosas de grano los rendimientos unitarios no se han podido incrementar en los últimos años pese al esfuerzo de los mejoradores. Con base en este problema, el propósito de los ensayos preliminares de rendimiento se ha enfocado en la identificación de líneas y variedades que resuelvan o mitiguen algunos de los problemas de producción relacionados con las variedades tradicionales (Lagos y Criollo, 1999).

El mejoramiento del cultivo de frijol ha estado enfocado principalmente a desarrollar variedades con alto rendimiento y resistencia a pató-

genos (Hernández *et al.*, 2002; González *et al.*, 2000). Para identificar genotipos que se adapten a una zona agroecológica específica y sean resistentes a enfermedades, el mejoramiento genético se ha basado en métodos tradicionales, que requieren de la evaluación de un alto número de genotipos, con el fin de incrementar las probabilidades de seleccionar los que expresen un comportamiento superior (Rodríguez *et al.*, 2009). Además, el mejoramiento para alto rendimiento debe ser llevado a cabo dentro de unos parámetros de hábito de crecimiento, madurez, adaptación local, factores específicos de resistencia a plagas y enfermedades, tamaño de semilla y las principales preferencias en calidad de cada región, donde se consume frijol. De no ser así, el material resultante tendrá un valor económico reducido; por tal razón, las estrategias de mejora deben ser guiadas al uso de materiales con potencial para aumentar el rendimiento, sin afectar estos factores importantes (Iriarte *et al.*, 2006).

La obtención de genotipos mejorados con resistencia a estrés biótico y abiótico es un objetivo primario en programas de mejoramiento de frijol en cada región donde se cultiva (Gill y Myek, 2008). El método de mejoramiento por introducción puede ser efectivo para identificar genotipos sobresalientes los cuales se pueden liberar como nuevas variedades o incluirse en los programas locales de hibridación (López *et al.*, 1999). Este método consiste en introducir a una localidad o región germoplasma desarrollado en otra región, así como la evolución sistemática de materiales importados pueden dar los mismos resultados logrados con los métodos de mejoramiento convencionales (López *et al.*, 2001).

Las enfermedades representan el principal problema para la producción del frijol tanto en Colombia, como otros países latinoamericanos. Debido a la prevalencia de condiciones ambientales favorables, entre las enfermedades más comunes y limitantes figuran la antracnosis *Colletotrichum*

lindemuthianum, mancha anillada o *Ascochyta Phoma exigua* var. *diversispora* Bub., mancha angular *Phaeoisariopsis griseola*, roya *Uromyces phaseoli*, pudriciones radicales *Fusarium solani* forma *Phaseoli*, *Pytium* sp., *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* forma *Phaseoli*, virus del mosaico común del frijol (BCMV) y virus del mosaico dorado. El problema de las enfermedades se hace más grave debido a la siembra de variedades criollas susceptibles y al empleo de semilla producida por los mismos agricultores, que, en la mayoría de los casos, no reúne los parámetros de calidad requeridos (Soares et al., 2000; Costa, 2001; Arias et al., 2007).

El objetivo principal de este trabajo de investigación fue evaluar el comportamiento agronómico (adaptación, resistencia a patógenos y componentes del rendimiento) de 18 líneas promisorias de frijol voluble, provenientes del Proyecto Frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Esta información es útil para seleccionar preliminarmente líneas promisorias que ameriten posteriormente ser evaluadas y seleccionadas en las principales zonas productoras de frijol del departamento de Boyacá, mediante un nuevo proyecto de Mejoramiento Genético, con la participación de pequeños productores.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Granja Tunguavita de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, situada en el Municipio de Paipa, departamento de Boyacá, durante el segundo semestre del año 2012. La granja se encuentra a una altura de 2480 m.s.n.m, con 5° 45' N y 73° 06' W, temperatura media anual de 14,1°C, precipitación media de 966 mm y con humedad relativa media de 74,9% (Ideam estación No. 2403517). El material estudiado incluyó 18 líneas promisorias de frijol voluble, provenientes del Proyecto Frijol del Centro Internacional de

Agricultura Tropical (CIAT) (Tab. 1).

Tabla 1. Identificación de los 21 genotipos de frijol voluble evaluados, procedentes del Centro Internacional de Agricultura tropical, CIAT

N° de línea	Identificación
1	MAC9
2	MBC39
3	MAC4
4	MBC35
5	MBC36
6	MBC46
7	MBC40
8	MBC29
9	MAC13
10	MBC30
11	MBC37
12	CARGAMANTO (T.)
13	MBC28
14	MBC34
15	BOLIVAR (T.)
16	MBC26
17	MAC27
18	MBC33
19	LAS220
20	LAS399
21	BOLA ROJA (T.)

*Testigo: (T)

Para la evaluación de los 21 genotipos de frijol voluble se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo representada por una parcela de tres surcos de 3 m de largo cada uno, separados 1,5 m, utilizando como testigos las variedades comerciales Bola Roja, Bolivar y Cargamanto, para un total de 21 materiales. Con base en el análisis de suelos se aplicó cal antes de la siembra en dosis de 1000 kg/ha y siguiendo las recomendaciones de FENALCE en la etapa de prefloración se aplicó fertilizante 15-15-15, a razón de 80 kg/ha.

Las variables se evaluaron según el Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol (Van Schoonhoven y Pastor - Corrales, 1991). En el transcurso del ciclo vegetativo de los genotipos se evaluó días a floración (DAF), días a madurez de cosecha (DAM), adaptación vegetativa o vigor de crecimiento (VC), incidencia de enfermedades, variables asociadas al rendimiento y el rendimiento de los genotipos.

En la variable días a la floración (DAF) se determinó el número de días desde la siembra efectiva hasta que el 50 % de las plantas tuvieron la primera flor abierta y en días a madurez de cosecha (DAM), el número de días que transcurrieron desde la siembra hasta que el 90% de las vainas alcanzaron su madurez fisiológica. La adaptación vegetativa o vigor de crecimiento (VC) se determinó cuando la planta alcanzó su máximo desarrollo, teniendo en cuenta el efecto que ejerce el hábito de crecimiento en el vigor de la planta. Para el efecto se utilizó una escala de 1 (excelente) a 9 (muy pobre). La incidencia de enfermedades se registró entre las etapas de desarrollo de la planta de frijol R6 a R8 (floración a llenado de vainas) e incluyó evaluación de mancha angular *Alternaria* spp., antracnosis *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. Mag Scrib, roya *Uromyces phaseoli* y ascochita *Aschochyta phaseolorum*, Sacc tanto en el follaje

(Etapa de plena floración) como en las vainas (Etapa del llenado), tomando en cuenta la escala general para evaluar germoplasma de frijol a patógenos fungosos, como aparece en la tabla 2.

Las variables evaluadas asociadas al rendimiento fueron número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de 100 semillas. El rendimiento se determinó tomando en cuenta el peso total y la humedad de la producción total de cada unidad experimental, determinado en kg/ha, llevados al 14% de humedad.

Análisis estadístico. Los datos de cada variable fueron sometidos al análisis de varianza (ANDEVA) y dependiendo de la significancia a la prueba Duncan, utilizando el paquete estadístico SPSS 20.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 se presenta la media cuadrática y el nivel de significancia de las características días a floración (DAF), días a madurez (DAM) y vigor de crecimiento (VC) de los genotipos volubles evaluados. Los análisis de varianza, muestran diferencias significativas para las variables DAF, DAM y VC entre los genotipos.

Tabla 2. Escala general para evaluar la reacción de germoplasma de frijol a patógenos fungosos (Santana y Mahuku, 2002)

Calificación	Categoría	Descripción
1	Resistente	Síntomas no visibles o muy leves.
2		
3		
4	Intermedio	Síntomas visibles y conspicuos que solo ocasionan un daño económico limitado.
5		
6		
7	Susceptible	Síntomas severos a muy severos que causan pérdidas considerables en rendimiento o la muerte de la planta.
8		
9		

Tabla 3. Media cuadrática para las variables, días de floración-DAF, días a madurez-DAM y vigor de crecimiento-VC, en 21 genotipos de frijol voluble. Paipa, segundo semestre de 2012

Fuente de variación	Grados de libertad	DAF	DAM	VC
Bloque	2	32,905	2,333	0,063
Genotipo	20	599,286 *	92,005*	3,716*
Error	40	7,855	5,267	0,23
Total	63			

* Significativo al nivel del 5 %.

La tabla 4 muestra la media cuadrática y el nivel de significancia para las variables asociadas con el rendimiento y el rendimiento de los 21 genotipos. Según los valores de la tabla las diferencias entre genotipos fueron significativas para todas las variables evaluadas.

En la tabla 5 se observa la media cuadrática de los genotipos de frijol voluble para las variables correspondientes a presencia de enfermedades en donde se registran diferencias significativas entre genotipos para las enfermedades Roya y *Ascochyta sp.*

Tabla 4. Media cuadrática para componentes de rendimiento, vainas/planta, granos/vaina, peso de 100 granos, peso de la parcela en 21 genotipos de frijol voluble. Paipa, segundo semestre de 2012

Fuente de variación	Grados de libertad	Vainas/ Planta	Granos / vaina	Peso de 100 granos	Peso de la parcela	Rendimiento
Bloque	2	21,778	0,444	52,774	0,09	43872,833
Genotipo	20	223,33*	1,797*	201,282*	0,539*	294334,236*
Error	40	50,594	0,278	36,246	0,102	57030,28
Total	63					

* Significativo al nivel del 5 %.

Tabla 5. Media cuadrática para enfermedades en 21 genotipos de frijol voluble. Paipa, segundo semestre de 2012

Fuente de variación	Grados de libertad	Mancha angular	Antracnosis <i>Colletrotichum lindemuthianum</i>	Roya <i>Uromyces appendiculatus</i>	<i>Ascochyta Ascochyta boltshauseri</i>
Bloque	2	10,683	7,444	2,286	0,143
Genotipo	20	1,121	1,316	1,043*	0,143*
Error	40	1,149	1,044	0,486	0,143
Total	63				

* Significativo al nivel del 5%.

En la tabla 6 se presentan los valores obtenidos en las variables días a floración (DAF), días a madurez (DAM) y adaptación vegetativa o vigor de crecimiento (VC) para los 21 genotipos volubles evaluados.

Tabla 6. Promedio de las variables, días a floración-DAF, días a madurez-DAM y vigor de crecimiento-VC de los 21 genotipos de frijol voluble evaluados. Granja Tinguavita, UPTC. Paipa, Boyacá, segundo semestre 2012

Genotipo	DAF		DAM		VC	
	Valor	Letra	Valor	Letra	Valor	Letra
BOLA ROJA	132	e	187	h	2,3	abc
BOLIVAR	129	e	188	h	2,0	ab
CARGAMANTO	85	a	175	cde	2,0	ab
LASS 220	130	e	187	h	1,7	a
LAS 399	98	b	177	efg	2,0	ab
MAC 13	88	a	172	bc	3,7	de
MAC 4	97	b	171	bc	5,0	f
MAC 27	86	a	167	a	2,7	bc
MAC 9	104	c	177	efg	4,7	f
MBC 26	88	a	173	bcd	3,0	cd
MBC 28	89	a	176	def	3,0	cd
MBC 29	109	cd	180	fg	2,7	bc
MBC 30	110	d	180	fg	3,0	cd
MBC 33	95	b	177	efg	3,0	cd
MBC 34	105	cd	181	g	2,7	bc
MBC 35	95	b	173	bcde	4,7	f
MBC 36	106	cd	177	efg	4,7	f
MBC 37	88	a	176	def	3,0	cd
MBC 39	97	b	167	ab	4,7	f
MBC 40	105	cd	177	efg	4,3	ef
MBC 46	104	c	177	def	5,0	f

En las columnas, promedios con letras distintas indican diferencia significativa, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Según los valores de la Tabla 6, se presentaron diferencias significativas en cada una de las variables. Los días a floración (DAF) fluctuaron en el rango entre 85 a 132. En términos de precocidad los genotipos MAC27, MAC13, MBC26, MBC28 y MBC37 no se diferenciaron del Cargamanto (85 días) pero si resultaron más precoces que los controles regionales Bolivar (129 días) y Bola Roja (132 días). Es resaltante el comportamiento con ciclo precoz de la línea MAC27 e incluso de LAS399, que con respecto a la variedad regional Bola Roja (132 días), su floración es 46 y 34 días, respectivamente más temprana, con las consabidas ventajas de la precocidad como escape a heladas y facilidad de siembra de dos cultivos al año. Además que estos mismos genotipos presentaron también los mayores rendimientos en la zona de evaluación y mayor resistencia a patógenos que Bola Roja, permitiendo reducir aplicaciones de fungicidas y reducir costos de producción. Los días a madurez de cosecha se registraron en un rango entre 167 a 188 días, resultando los genotipos MAC27 y MBC39 significativamente como los más precoces, con 167 días cada uno, en comparación a los tres testigos.

Según Lagos y Criollo (1999), aunque los materiales de mayor precocidad son adaptados a condiciones de clima medio conservan las características fisiológicas que favorecen su velocidad de crecimiento aun en condiciones de clima frío. Sin duda, este el caso de la líneas promisorias para la zona de evaluación MAC27 y LAS399, que figurando entre los más precoces alcanzaron su madurez de cosecha tan solo a los 167 días. Esta observación permite proponer a estos dos genotipos como una buena opción para el mejoramiento de caracteres de precocidad en materiales adaptados a las zonas de clima frío. En términos de la adaptación vegetativa o vigor de crecimiento se destacaron los genotipos LAS220 y LAS399 aunque sin diferenciarse de los tres controles de comparación. En cuanto a la adaptación vegetativa únicamente los genotipos

LAS220 y LAS399 se igualaron con los tres testigos, con un vigor de crecimiento muy aceptable, según la escala utilizada, lo cual se debe a que son genotipos mejorados específicamente para condiciones de clima frío, por su condición de Andinos volubles (FONTAGRO, 2004).

En la tabla 7, se observa los resultados correspondientes a la incidencia de enfermedades. Dichos resultados indicaron diferencias significativas solamente para roya y ascochyta, en cuanto a roya el único genotipo más afectado significativamente fue MBC30 y en ascochyta

el genotipo MBC33. Según la escala de calificación utilizada para evaluar la reacción de los materiales a los hongos (Tab. 2), se destaca que los valores obtenidos en general no pasaron del nivel 3, que corresponde a materiales resistentes, en los cuales los síntomas no son visibles o muy leves. Esta observación permite concluir que desde el punto de vista de resistencia a enfermedades causadas por hongos, a excepción del genotipo MBC39, todos los genotipos son deseables ya que ofrecen una resistencia a patógenos que no permite que se presente ni siquiera daño económico limitante.

Tabla 7. Incidencia de enfermedades en los 21 genotipos de frijol voluble, según la escala general para evaluar germoplasma de frijol a patógenos fungosos (Santana y Mahuku, 2002). Paipa, segundo semestre de 2012

Genotipo	Mancha angular		Antracnosis		Roya		Ascochyta sp	
	Promedio	Letra	Promedio	Letra	Promedio	Letra	Promedio	Letra
BOLA ROJA	3,0	a	2,0	a	1,0	a	1	a
BOLIVAR	2,0	a	1,3	a	1,0	a	1	a
CARGAMANTO	1,3	a	1,0	a	1,0	a	1	a
LAS 220	1,7	a	1,7	a	1,3	a	1	a
LAS 399	1,7	a	1,3	a	1,0	a	1	a
MAC 13	3,3	a	1,0	a	1,0	a	1	a
MAC 4	2,0	a	2,0	a	1,0	a	1	a
MAC 27	2,7	a	2,3	a	1,3	a	1	a
MAC 9	3,0	a	1,0	a	1,0	a	1	a
MBC 26	2,3	a	2,0	a	1,7	a	1	a
MBC 28	1,3	a	1,7	a	1,7	a	1	a
MBC 29	2,3	a	2,0	a	1,3	a	1	a
MBC 30	2,7	a	3,0	a	3,3	b	1	a
MBC 33	2,3	a	2,7	a	1,0	a	2	b
MBC 34	1,7	a	1,7	a	1,3	a	1	a
MBC 35	1,7	a	1,7	a	1,0	a	1	a
MBC 36	1,3	a	1,7	a	1,0	a	1	a
MBC 37	1,3	a	3,0	a	2,3	ab	1	a
MBC 39	1,7	a	3,0	a	2,0	a	1	a
MBC 40	1,7	a	1,0	a	1,7	a	1	a
MBC 46	2,3	a	2,3	a	1,0	a	1	a

En las columnas, promedios con letras distintas indican diferencia significativa, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Este buen comportamiento de los materiales se deriva del hecho que el principal objetivo de mejoramiento en las series MAC y MBC fue precisamente la incorporación de resistencia a enfermedades fungosas, como antracnosis y mancha angular y virales, específicamente resistencia al virus del mosaico común del frijol BCMV (FONTAGRO, 2004; IICA y FONTAGRO, 2007). En la zona de evaluación, especialmente la línea promisorio MAC27 confirma su buen comportamiento en cuanto a resistencia a patógenos, máxime que en la mayoría de cultivos la incidencia de enfermedades representa uno de los factores más restrictivos del rendimiento y particularmente en frijol la antracnosis es considerada como la enfermedad más limitante (Pastor-Corrales *et al.*, 1994; Molano *et al.*, 1996), con pérdidas que según la susceptibilidad del cultivar oscilan entre 38 y 95% (Guzmán *et al.*, 1979; Tamayo, 1995) ya que afecta principalmente las vainas y el grano (Santana y Mahuku, 2002).

De acuerdo a lo anterior es importante resaltar que varias de las líneas evaluadas podrían ser incluidas como parentales para futuros cruces para las zonas productoras de frijol en Boyacá. Según Singh (1998), la identificación de padres con alta resistencia, probada a través de evaluaciones repetidas en diferentes localidades y años contrastantes para los principales problemas como mosaico dorado, mancha angular, bacteriosis común, antracnosis y roya, es sumamente esencial para asegurar el éxito en el mejoramiento genético en el cultivo de frijol.

En la Tabla 8 se presenta los valores correspondientes a las variables asociadas con el rendimiento y el rendimiento de los genotipos, bajo las condiciones climáticas que se presentaron en el período de experimentación.

El número de vainas por planta fluctuó entre 46 y 12, destacándose los genotipos MBC39, MBC30, MAC9, MBC40 y LASS339 sin diferencias frente al Cargamanto pero si con respecto a los otros dos testigos. En cuanto al número de granos por vaina los genotipos LAS399, MAC4, MAC27, MAC30 y MBC26 igualaron a los controles Bola Roja y Cargamanto, lo cual es otra ventaja destacable de las líneas promisorias de mejor comportamiento LAS399 y MAC27 en la zona de evaluación. En esta variable los más bajos fueron el testigo Bolívar, con un promedio de solo 2,3 granos por vaina y el genotipo MBC26 con solo 2,7 granos por vaina. En relación al peso de 100 semillas la mayoría de materiales se igualaron con los tres controles, en los cuales el peso de 100 semillas fluctuó entre 68 y 72,1.

En relación al rendimiento, en grano seco, los valores más altos se obtuvieron con las líneas promisorias LAS 399 y MAC27, con 1300 y 1038 kg/ha, respectivamente sin diferenciarse del genotipo testigo Cargamanto, pero significativamente superior con la variedad criolla y testigo comercial regional Bola Roja, la cual sin duda fue la más afectada por la incidencia de heladas en las etapas finales de su ciclo, debido a su ciclo vegetativo más tardío. Pese a la falta de significancia en las diferencias, se destaca que en este ensayo la línea promisorio LAS399, superó al testigo Cargamanto en 350 kg/ha. Una situación similar fue reportada por Villar *et al.* (2003), quien en una comparación de genotipos encontró que entre el grupo de los 8 de mayor rendimiento figuraba el testigo, pero dos de los genotipos superaron al testigo en aproximadamente 200 kg/ha.

Según FONTAGRO (2004) e IICA y FONTAGRO (2007), una de las posibles razones para que, a excepción del genotipo MAC27, las

Tabla 8. Promedio de las variables asociadas con el rendimiento y rendimiento de los 21 genotipos de frijol voluble. Granja Tunguavita, UPTC. Paipa, Boyacá. Segundo semestre 2012

Genotipo	Número de vainas por planta		Número de granos por vaina		Peso de 100 granos (g)		Rendimiento (kg/ha)	
BOLA ROJA	17	ab	4,7	ef	68,0	defghi	243	ab
BOLIVAR	12	a	2,3	a	71,3	Fghi	85	a
CARGAMANTO	37	defgh	4,3	def	72,1	Fghi	950	def
LAS 220	34	cdefgh	3,0	abc	52,3	A	621	bcde
LAS 399	39	efgh	5,0	f	62,0	abcdef	1300	f
MAC 13	23	abc	4,3	def	78,0	I	666	bcde
MAC 4	29	bcdef	4,7	ef	64,5	bcdefgh	763	cde
MAC 27	30	bcdefg	4,7	ef	79,2	i	1038	ef
MAC 9	42	fgh	4,0	cdef	76,6	i	617	bcde
MBC 26	28	bcde	2,7	ab	72,0	fghi	149	a
MBC 28	28	bcde	3,0	abc	69,9	efghi	445	abc
MBC 29	23	abc	3,3	abcd	58,3	abcd	342	abc
MBC 30	43	gh	4,3	def	55,4	ab	379	abc
MBC 33	24	abcd	3,0	abc	69,6	defghi	384	abc
MBC 34	28	bcde	3,0	abc	74,8	hi	144	a
MBC 35	25	abcd	4,0	cdef	58,9	abcde	506	abcd
MBC 36	34	cdefgh	4,3	def	56,4	abc	640	bcde
MBC 37	35	cdefgh	3,7	bcde	55,3	ab	761	cde
MBC 39	46	h	3,3	abcd	67,6	cdefghi	735	cde
MBC 40	40	efgh	4,0	cdef	62,8	abcdefg	779	cde
MBC 46	30	bcdefg	3,0	abc	73,9	ghi	332	abc

En las columnas, promedios con letras distintas indican diferencia significativa, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

líneas de la serie MAC y las de la serie MBC no hayan tenido un buen comportamiento en las condiciones de clima frío de Paipa (Boyacá), es que se originaron de cruces entre Andinos o Durangos arbustivos (como G2337, Rojo 70 y otros) y Andinos volubles (LAS399 e ICA Viboral), buscando el desarrollo de líneas volubles para clima medio, con superioridad de nuevas líneas volubles sobre los padres en tolerancia al calor en evaluación realizada en Palmira. Esto nos indica que, como se había planteado en el proyecto, sería muy importante reevaluar estas líneas participativamente con pequeños productores, en las principales zonas productoras de frijol del Departamento de Boyacá, ubicadas a una menor altitud que la de Paipa, en climas frío moderado y medio.

No hay duda que el rendimiento de todos los materiales fue seriamente afectado por las heladas que incidieron en la etapa de llenado de grano previo a la cosecha, problema del cual los menos afectados resultaron los genotipos más precoces como el caso de MAC27 y LAS399 y los más afectados los más tardíos entre los cuales figuran los testigos Bola Roja y Bolivar y los genotipos MBC26 y MBC34. Pese a este problema, el estudio permitió identificar preliminarmente las líneas promisorias que mediante un nuevo proyecto de Mejoramiento Genético ameritan ser posteriormente evaluadas y seleccionadas en las principales zonas productoras de frijol del Departamento de Boyacá, con la participación de pequeños productores.

CONCLUSIONES

Debido a su precocidad y resistencia a enfermedades, las líneas MAC 27 y LAS 399 presentaron el mejor comportamiento agronómico en la zona de evaluación; por lo tanto, se destacan como las más promisorias para continuar las evaluaciones en Boyacá, con posibilidad de reducir los costos de producción, en razón a una menor aplicación de fungicidas.

Además de las líneas promisorias MAC27 y LAS399, se debe evaluar al resto de líneas avanzadas en otras zonas de producción del Departamento de Boyacá, a menor altitud que en Paipa, con el fin de identificar otras líneas que también podrían resultar útiles para diversificar la oferta de germoplasma y ampliar la base genética del cultivo en la región.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan agradecimientos al personal de la Granja Tunguavita por su valiosa colaboración en el establecimiento y manejo de los experimentos, al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) por el suministro del germoplasma y a la Dirección de Investigaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), por la financiación de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, J.H., JARAMILLO, M. y RENGIFO, T. 2007. Manual Técnico. Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Frijol Voluble. CORPOICA - MANÁ - FAO. 168 p.

COSTA, J. L. da S. 2001. Controle de pudricoes radiculares na cultura do Feijoeiro: Eficacia da

aplicacao de fungicidas no sulco de plantío. Embrapa Arroz e Feijao. Documentos 118. Santo Antonio de Goiás. 18 p.

EHEMENDÍA, A., RAMOS, P., PÉREZ, R., PORRAS, A. y GONZÁLEZ, G. 2007. Selección de genotipos de frijol común *Phaseolus vulgaris* L. resistentes al virus del mosaico dorado amarillo del frijol (BGYMV) por hibridación de ácidos nucleicos. Fitosanidad. 11(4):3 - 11.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES Y LEGUMINOSAS. (FENALCE). 2011. Situación actual y perspectivas del cultivo de frijol. En: http://www.fenalce.org/archivos/Coyuntura_Frijol.pptx.pdf. Consulta: noviembre, 2013.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES Y LEGUMINOSAS. (FENALCE). 2009. Avanza proyecto de investigación adaptativa en frijol. El Cerealista. Febrero- Marzo. En: www.fenalce.org.co/arch_public/gestion4.pdf. Consulta: noviembre, 2013.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES Y LEGUMINOSAS (FENALCE), CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT), UNIVERSIDAD DEL VALLE, FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AGRÍCOLA (FIDAR). 2007. ¡Viva bien, coma frijol! En: [http://www.ciat.cgiar.org/beans/pdfs/folleto_viva_bien.pdf]. Consulta: Febrero, 2014.

FONDO REGIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (FONTAGRO). 2004. Proyecto FTG-9/99. Selección de gametos para el mejoramiento de la resistencia a enfermedades en frijol voluble autóctono de la región Alto Andina. En: http://www.fontagro.org/sites/default/files/stecnico/pp_IST_99_09_0.pdf. Consulta: abril 2014.

- GALLEGO, C., LIGARRETO, G., GARZÓN, L., OLIVEROS, O. y RINCÓN, L. 2010. Rendimiento y reacción a *Colletotrichum lindemuthianum* en cultivares de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 63(2):5477 - 5488.
- GILL, H.R. y MYEK N. 2008. Los Marcadores moleculares en el mejoramiento genético de la resistencia a enfermedades del Frijol *Phaseolus vulgaris* L.: Aplicaciones y Perspectivas. Revista Mexicana de fitopatología. 26 (2):164 - 176 En: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v26n2/v26n2a9.pdf>. Consulta: noviembre, 2013.
- GONZÁLEZ, F., FRÍAS, G.A., GARCÍA, A. y FLORES, A. 2000. Resistencia de genotipos de Frijol *Phaseolus vulgaris* L. a razas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. Y Mgn.). Revista Mexicana de Fitopatología. 18(2):87 - 91.
- GUZMÁN, P., DONADO, M.R. y GALVEZ, G.E. 1979. Pérdidas económicas causadas por la antracnosis del frijol *Phaseolus vulgaris* L. en Colombia. Turrialba. 29(1):65 - 67.
- HERNÁNDEZ, C. J., SÁNCHEZ, H. H., AZPÍROZ, H. S., ACOSTA, J. A. y BERNAL, I. 2002 Caracterización de una población de líneas endogámicas de frijol común por su calidad de cocción y algunos componentes nutrimentales. Agrociencia. 36(4):451 - 459.
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA (IICA), FONDO REGIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (FONTAGRO). 2007. Alianzas y resultados de proyectos regionales de investigación agropecuaria en América Latina y el Caribe (FONTAGRO: segunda y tercera convocatorias). San José, C.R.: IICA. 68 p. En: <http://repiica.iica.int/docs/b0516e/b0516e.pdf>. Consulta: abril, 2014.
- IRIARTE, G., BLAIR, M.W., HOYOS, A. y BEEBE, S. 2006. Evaluación agronómica de una retrocruza avanzada entre una accesión silvestre colombiana y la variedad cultivada de frijol común, ICA Cerinza. Fitotecnia Colombiana. 6(1):24 - 32.
- LAGOS, T. y CRIOLLO, H. 1999. Evaluación de materiales regionales y mejorados de frijol arbustivo en el departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas. 16 (1y2):60 - 72.
- LÓPEZ, E., ACOSTA, J. A., CANO, O., FRAIRE, G., CUMPIAN, JAVIER., BECERRA, E. N., VILLAR, B. y UGALDE, F. 1999. Estabilidad de rendimiento de la línea de frijol negro DOR-500 en trópico húmedo de México. Agronomía Mesoamericana. 10(2):69 - 74.
- LÓPEZ, E., CANO, O., VILLAR, B., CUMPIAN, J., UGALDE, F. y LÓPEZ, V. 2001. Evaluación de líneas de frijol negro, en Veracruz y Chiapas, México. Agronomía Mesoamericana. 12(2):129 - 133.
- MOLANO, P., OTOYA, M. y PASTOR-CORRALES, M.A. 1996. Diversidad de razas de *Colletotrichum lindemuthianum*, el patógeno de la antracnosis del frijol en Rio Negro, Antioquia. Fitopatología Colombiana. 19(1):1 - 14.
- PACHÓN, N.A., GRACIA, D.F. y LIGARRETO, G.A. 2009. Yield evaluation of fourteen populations of climbing bean *Phaseolus vulgaris* L. segregating lines with anthracnose *Colletotrichum lindemuthianum* resistant genes. Agronomía Colombiana. 27(1):7-13.
- PASTOR-CORRALES, M.A., ERAZO, O.A., ESTRADA, E.I. y SINGH, S.P. 1994. Inheritance of anthracnose resistance in common bean accession G-2333. Plant Disease. 78:959 - 962.

- RODRÍGUEZ, O., CHAVECO, O., ORTÍZ, R., PONCE, M., RÍOS, H., MIRANDA, S., DIAS, O., PORTELLES, Y., TORRES, R. y CEDEÑO, L. 2009. Evaluación del comportamiento de líneas de frijol común *Phaseolus vulgaris* L. resistentes a la sequía, en condiciones de riego y sin riego, e incidencia de enfermedades. *Temas de Ciencia y Tecnología*. 13(39):19-30.
- SANTANA, G. y MAHUKU, G. 2002. Diversidad de razas de *Colletotrichum lindemuthianum* en Antioquia y evaluación de germoplasma de frijol crema-rojo por su resistencia a antracnosis. *Agronomía Mesoamericana*. 13(2):95-103.
- SINGH, S.P. 1998. Uso de marcadores y selección de gametos para el mejoramiento simultáneo de características múltiples de frijol *Phaseolus vulgaris* L. para Mesoamérica y el Caribe. *Agronomía Mesoamericana*. 9(1):01-09.
- SOARES, D. M. M. J. Del PELOSO., J. KLU-THCOUSKI., L. C. GANDOLFI y D. J. FARIA de. 2000. Tecnologia para o sistema consorcio de milho verde com feijão no plantio de inverno. *Embrapa Arroz e feijão. Boletín de Pesquisa*, 10. Santo Antonio de Goiás. 51 p.
- TAMAYO, P.J. 1995. Manejo y control de las enfermedades del frijol voluble *Phaseolus vulgaris* L., Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Regional 4, Centro de Investigaciones La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. *Boletín Técnico*. 40 p.
- VAN SCHOONHOVEN, A. y PASTOR-CORRALES, M. 1991. Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 56 p.
- VIÑALS, M.E., ORTIZ, R., PONCE, M. y RÍOS, H. 2002. Análisis de la diversidad fenotípica de variedades de frijol *P. vulgaris* L. utilizadas por los campesinos en la comunidad "La Palma" en Pinar del Rio. *Cultivos Tropicales*. 23(1):15-19.
- VILLAR, B., LÓPEZ, E. y ACOSTA, J. 2003. Selección de genotipos de frijol por rendimiento y resistencia al mosaico dorado y suelos ácidos. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26(2):109-114.