

CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y AGRONÓMICA DE LÍNEAS AVANZADAS DE FRÍJOL VOLUBLE (*Phaseolus vulgaris* L.) RESISTENTES A VIRUS EN PERÚ

Phenotypic and agronomic characterization of advanced lines of voluble beans (*Phaseolus vulgaris* L.) resistant to viruses in Perú

Daniela Pumalpa Meneses¹; Hector Cantaro Segura²; Richard Estrada Cañari³; Amelia Huaranga Joaquín⁴

RESUMEN

Se estudiaron 63 líneas avanzadas de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes al virus del mosaico común [Bean common mosaic virus (BCMV) y Bean common mosaic necrosis virus (BCMNV)] con el objetivo de caracterizarlas fenotípica y agronómicamente en la costa y sierra media del Perú. La siembra se realizó en parcelas de observación en la costa donde se caracterizaron fenotípicamente utilizando 42 descriptores y en la sierra se instalaron los ensayos de rendimiento con nueve líneas promisorias para frijol blanco y nueve líneas de frijol amarillo en asociación con maíz bajo el diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Los resultados demostraron que la línea MBC 53 sobresalió por su buen vigor, vainas, grano blanco, pequeño, ovalado, de brillo medio y rendimiento de 863 kg ha⁻¹ mayor que las otras líneas y el testigo. La línea MBC111 de grano amarillo presentó excelente vigor, vainas en la parte superior de la planta, mayor número de granos por vaina, vainas por planta y rendimiento de 1256 kg ha⁻¹. Se observó la presencia de virus en el campo, sin embargo, el 78% de las líneas de frijol blanco no presentaron síntomas, mientras en las líneas MBC 53 y MBC 80 los síntomas fueron dudosos. En el frijol amarillo los síntomas fueron ausentes para MBC 109 y MBC 111; débiles para MBC 106 y MBC 110, moderados para MBC 87 y el resto de líneas.

Palabras clave: caracterización, frijol, líneas avanzadas, virus, rendimiento.

ABSTRACT

Sixty-three advanced lines of climbing bean (*Phaseolus vulgaris* L.) resistant to Bean common mosaic virus (BCMV) and Bean common mosaic necrosis virus (BCMNV) were evaluated in order to phenotypically and agronomically characterize in coast and highlands of Peru. To achieve the lines were sowed in observation plots at coast, using 42 descriptors from IBPGR for phenotypic characterization. In highlands, performance trials was sowing with nine selected lines for white and yellow beans in association with maize; under randomized block design with three replications. The presence of virus was determined with the CIAT scale. The results showed that the MBC 53 line stood out for having a good effect, pods, small, medium, white, oval and brightness grain with a yield of 863 kg ha⁻¹ more than the other lines evaluated and the witness. MBC 111 line of yellow grain showed excellent vigor, pods on top of the plant, increased number of grains per pod, pods per plant and yield of 1256 kg ha⁻¹. Virus was observed in the field, however 78% of white bean lines no showed symptoms, while the MBC53 and MBC 80 lines were doubtful symptoms. In the yellow vean lines symptoms were absent for MBC 109 and MBC 111; weak to MBC 106 and MBC 110, moderate to MBC 87 and the other lines.

Keywords: characterization, beans, advanced lines, virus, yield.

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. 20130696@lamolina.edu.pe

² Docente, Departamento de Fitotecnia. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. hcantaro@lamolina.edu.pe

³ Student intern, Dept.Crop and Soil Sciences, North Carolina State University, USA. restrada@ncsu.edu

⁴ Docente, Departamento de Fitotecnia. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. ahuaringa@lamolina.edu.pe

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas de grano comestible más importante en el mundo y uno de los componentes básicos de la dieta en Latinoamérica donde representa la principal fuente de proteína (López y Ligarreto, 2006). Según su hábito de crecimiento existen cuatro tipos de frijol: frijol tipo I, determinado arbustivo; tipo II, indeterminado arbustivo; tipo III, indeterminado postrado y tipo IV, indeterminado postrado (Rosas, 2003). El frijol voluble es un tipo IV de frijol cultivado en las partes altoandinas de muchos países sudamericanos en monocultivo (Otálora et al., 2006), con bajos rendimientos debido mayormente al uso de variedades con bajo potencial de rendimiento y la presencia de plagas y enfermedades severas que atacan a este cultivo (Gallego et al., 2010). Dentro de las enfermedades, los virus son los organismos más peligrosos debido a que no tienen forma de control químico o biológico, con síntomas tenues y que se transmiten por semilla a las siguientes generaciones (Morales y Castaño, 2008). Estos factores limitantes han llevado a los programas de mejoramiento de cada región a generar variedades nuevas con altos rendimientos y resistencia a patógenos (Jacinto et al., 2002; Ríos et al., 2014).

El proyecto frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) generó líneas promisorias avanzadas denominadas MBC (Mid-altitude BCMNV resistant climbing lines) de grano blanco y amarillo para que sean sembradas en zonas altoandinas en asociación con otros cultivos y el Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas (PLGO) de la Universidad Nacional Agraria La Molina en el 2009 lo introdujo al Perú.

El objetivo principal de este trabajo de investigación fue caracterizar fenotípicamente 63 líneas con el fin de conocer su comportamiento agronómico en dos diferentes condiciones medioambientales. Esta información es útil para seleccionar preliminarmente líneas con una adaptación mejor a cierta condición y, por lo tanto, sembrar estas líneas con condiciones óptimas para su crecimiento y desarrollo maximizando los rendimientos, así como realizar una mejor zonificación agroecológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La caracterización fenotípica se llevó a cabo en la Costa de Perú, en la Universidad Nacional Agraria La Molina (12° 05' 06" S, 76° 56' 40" W, 241 m s.n.m.). Los ensayos de rendimiento de la caracterización agronómica se establecieron en la sierra, en el departamento de Ancash, Perú (09° 16' 36" S, 77° 39' 01" O, 2638 m s.n.m.), con una temperatura media anual de 16.5°C, precipitación anual de 10 mm y una humedad relativa de 81%.

Metodología

El material estudiado incluyó 63 líneas avanzadas MBC, 35 de grano blanco (MBC 49- MBC 83) y 28 de grano amarillo (MBC 84-MBC 111) provenientes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) descritos en la Tabla 1. Para la caracterización agronómica de rendimiento en la sierra se realizaron dos ensayos: ensayo I en el que se evaluó 9 líneas superiores de frijol blanco (MBC 51, 52, 53, 58, 60, 61, 63, 76, 80) más 1 testigo (Blanco Molinero) y el ensayo II con 9 líneas superiores de frijol amarillo (MBC 87, 95, 97, 102, 106, 108, 109, 110 y 111) más 1 testigo (PLVI 1-3), estos genotipos superiores con mejores características agronómicas fueron seleccionados en la anterior caracterización fenotípica.

Para la evaluación agronómica de los genotipos de frijol se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones para cada uno de los dos ensayos. La unidad experimental estuvo representada por una parcela de tres surcos de 2 m de largo, separados 0.7 m, utilizando como testigos la variedad. En base al análisis de suelo se aplicaron fertilizantes: 20-20-20 en dosis de 8 gramos por golpe, promotor de crecimiento Horticrop, insecticidas (extracto de algas marinas) en dosis de 50 cc bomba⁻¹ de 20 L aplicadas durante floración, formación de vainas y llenado de grano, y la cosecha se realizó 165 días después de la siembra.

Para la caracterización fenotípica de las líneas se realizó según la guía para caracterización elaborada por el IBPGR (1982) ahora Bioversity International

Research. Se usó 13 caracteres de los 20 descriptores para la evaluación preliminar y 25 de los 37 caracteres para la evaluación adicional del frijol, de los cuales 18 son cualitativos y 20 cuantitativos. Además de cuatro

caracteres que se consideraron de importancia, dos de ellos cualitativos (vigor y color de hiliium) y dos cuantitativos (rendimiento y número de ramas por planta).

Tabla 1. Identificación de las 63 líneas avanzadas de frijol MBC, procedentes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Identificación	Color de grano	Pedigree
MBC 49, MBC 50, MBC 51, MBC 52, MBC 53	Blanco	Kori Inti x BRB 197
MBC 54, MBC 55, MBC 56, MBC 57, MBC 58, MBC 70, MBC 71	Blanco	Blanco Salkantay x BRB 156
MBC 59, MBC 60	Blanco	Blanco Salkantay x BRB 196
MBC 61, MBC 62, MBC 63	Blanco	Blanco Salkantay x BRB 130
MBC 64, MBC 65, MBC 66, MBC 67, MBC 68, MBC 74, MBC 75, MBC 76, MBC 77, MBC 78, MBC 79, MBC 80	Blanco	Blanco Salkantay x BRB 191
MBC 69, MBC 81, MBC 82	Blanco	Caballero x BRB 151
MBC 72, MBC 73	Blanco	Blanco Salkantay x BRB 132
MBC 83	Blanco	Inyumba x MBC 3
MBC 84, MBC 85, MBC 86, MBC 87, MBC 88, MBC 89	Amarillo	BRC 3 X MBC 3
MBC 90	Amarillo	Blanco Salkantay x BRB 132
MBC 91, MBC 92, MBC 93, MBC 94, MBC 95, MBC 96, MBC 97, MBC 98, MBC 99, MBC 100	Amarillo	Canario Bola x BRB 191
MBC 101, MBC 102, MBC 103, MBC 104, MBC 108, MBC 109, MBC 110	Amarillo	MAC 56 X BRB 232
MBC 105	Amarillo	MAC 56 X BRB 183
MBC 106, MBC 107	Amarillo	MAC 56 X BRB 204
MBC 111	Amarillo	BRC 3 x G 22041

Se realizaron algunas adaptaciones de la guía, entre ellas, en la variable del número de días para la floración, se contabilizó desde la emergencia hasta que el 50% de las plantas tuvieron racimos florales. El número días para madurez se contó desde la emergencia hasta que el 50% de las plantas presentaron un color amarillento e iniciara la caída de las hojas. En la persistencia de hojas, se determinó cuando el 90% de las vainas en la parcela estuvieron secas. Para diámetro de tallo, se midió a partir del segundo nudo en cinco plantas y se registró el valor promedio. Para el tamaño de bractéola, se tomó el valor promedio de largo y ancho de la bractéola de cinco plantas por parcela. Para el número de racimos florales por planta, se contó el número de racimos florales de 10 plantas por parcela y se registró el valor promedio. En longitud de pedicelo, se tomó la longitud de 10 plantas de una misma inflorescencia para cada parcela y se registró el valor promedio. Por tamaño de vainas, se evaluó largo y ancho de 10 vainas y se anotó el valor promedio. Para longitud del ápice de la vaina, se midió la longitud desde la base de la vaina hacia el ápice en 10 vainas. En número de vainas por planta, se contó las vainas por cada planta y se registró el promedio por parcela estudiada. Para peso de la semilla, de la cosecha obtenida de cada parcela neta se contó tres veces 100 granos aleatoriamente. En tamaño de grano, se midió el largo, ancho y grosor de

los granos de cinco vainas, en milímetros y se anotó el valor promedio. Para la variable vigor, se hizo cuando las plantas alcanzaron su máximo desarrollo, y para rendimiento del grano, se pesó en gramos los granos obtenidos de cada parcela neta.

Para la evaluación de síntomas de virus en campo, se analizó las líneas avanzadas seleccionadas de frijol blanco y amarillo para el virus de acuerdo a la escala general de enfermedades virales del CIAT (1987), como se presenta en la Tabla 2. Para la evaluación en invernadero se hizo el análisis de síntomas y se multiplicó el inoculo de muestras con síntomas de virus provenientes de diferentes zonas del país entre ellas. La multiplicación del inóculo se llevó a cabo utilizando variedades susceptibles Bountiful, Red Kidney y *Phaseolus acutifolius*, se sembraron tres granos por variedad en maceteros con una mezcla de suelo agrícola, arena y vermiculita (2:1:0.5). Cuando las plantas tuvieron las hojas primarias extendidas (10 dds) se hizo la inoculación tomando secciones de hojas de frijol con síntomas típicos (mosaicos y deformaciones), se maceraron en un mortero utilizando buffer fosfato de sodio 0.01 M, pH 7.0 y se frotó el jugo sobre las hojas espolvoreadas con carborundum de 400 mesh usado como abrasivo. Las plantas se mantuvieron a 18-24°C durante la evaluación de síntomas. Los datos de cada variable fueron sometidos al análisis de varianza

(ANOVA) y la prueba de Duncan con el programa SAS versión 9.0, además de una matriz de correlación utilizando el coeficiente de Pearson, el análisis de componentes principales y el análisis de conglomerados con el programa Infostat usando el método UPGMA y la distancia euclidiana entre las OTUs.

Tabla 2. Evaluación de síntomas de virus en frijol.

Calificación	Síntomas	Incidencia (%)	Rendimiento
1	Ausentes	0	Excelente
2	Dudosos	1 - 10	
3	Débiles	11 - 25	Bueno
4	Moderados	26 - 40	
5	Intermedios	41 - 60	Intermedio
6	Generales	61 - 75	
7	Intensos	76 - 90	Escaso
8	Severos	91 - 99	
9	Muerte	100	Muy escaso

Fuente: CIAT (1987).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fenotípica

En la caracterización fenotípica de líneas avanzadas, ocho líneas (MBC 55, 59, 71, 77, 79, 85, 101 y 104) no germinaron bajo las condiciones de la costa, lo cual pudo deberse a factores internos como la viabilidad del

embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia o factores externos como el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz; además de la incidencia de plagas y enfermedades (Russo et al., 2010).

En la Tabla 3 se presentan los resultados de las variables cualitativas. Se determinó que los caracteres con mayor frecuencia entre las líneas fueron color de alas blanco (96%), estandarte color blanco (71%), posición marginal de ápice (84%). Entre las variables de interés agronómico, la distribución de las vainas en toda la planta es de gran importancia porque existe mayor probabilidad de obtener alto número de vainas y que la planta exprese su potencial en la producción de grano, esta característica deseable se observó en el 45% de las líneas en estudio. El 17% de las líneas tuvieron un vigor excelente seguido por el 29% de líneas con un vigor intermedio entre pobre y bueno, sin embargo, un vigor pobre se obtuvo en el 31% de las líneas, valor mucho mayor que en los estados de preferencia. En concordancia con Camarena et al. (2009), las características genéticas y fisiológicas que componen el rendimiento y los factores agronómicos están ligados a la eficiencia de la planta. Referente al color de grano se obtuvo gran variación permitiendo clasificar las líneas por clases comerciales en su mayoría en blancos tipo panamito y amarillos tipo canario.

Tabla 3. Datos estadísticos de las variables cualitativas en la caracterización fenotípica.

Variable	Características predominantes	Frecuencia	Moda	Porcentaje
Forma de la hoja	Triangular	34	1	62
	Redonda	19	3	35
Color clorofílico	Verde pálido	20	3	36
	Verde oscuro	20	7	36
	Verde	15	5	27
Presencia de antocianina	Presencia	29	1	53
	Ausencia	26	0	47
Color de alas	Blanco	53	1	96
Forma de bractéola	Ovalada	30	7	55
	Lanceolada	10	3	18
	Intermedia	15	5	27
Posición de vainas	Base	28	1	51
	Combinación 1, 2 y 3	25	4	45
	Marginal	46	1	84
Posición del ápice	No marginal	9	2	16
Orientación del ápice	Hacia abajo	27	7	49
	Hacia arriba	13	3	24
	Recto	15	5	27
Color de la vaina	Amarillo oro u oscuro	33	10	60
	Amarillo pálido a blanco	14	11	26
Curvatura de la vaina	Erguido- curvado	36	5	66

	Erguido	14	3	26
	Curvado	5	7	9
Color del hilium	Blanco	34	1	62
	Amarillo	4	3	7
	Crema	8	2	15
	Marrón	6	4	11
Color del grano	Blanquizco	28	8	51
	Amarillo	14	5	26
	Crema pálido a oscuro	4	6	7
Brillo del grano	Intermedio	30	5	56
	Opaco	14	3	26
	Brillante	11	7	20
Forma del grano	Ovalado	35	2	64
	Truncado	6	5	11
	Arriñonado	11	4	20
Persistencia de hojas	Intermedia	28	5	51
	Todas las hojas caídas	16	3	29
	Todas las hojas persisten	11	7	20
Color de estandarte	Blanco	39	1	71
	Verde	16	2	29
Sutura de la vaina	Sin hilachas	25	0	46
	Poco hilachosa	21	3	38

En la Tabla 4, se presentan resultados de variables cuantitativas. Uno de los componentes del rendimiento es el número de vainas con un valor promedio de 19, esta variable fluctuó en un rango amplio de 2 a 76, la línea con menor producción de vainas fue la línea MBC 98 y la línea con mayor número fue MBC 111. Según Tapia (1987) con un mayor número de vainas se obtiene un mayor rendimiento, sin embargo, disminuye el número de granos por vaina (White, 1985). Este carácter se relacionó con el número de lóculos con un promedio de cuatro lóculos y granos, ambas variables oscilaron en un rango de dos a seis, la línea MBC 81 con dos granos y las líneas MBC 57, MBC 87 y MBC 105 tuvieron seis granos por vaina.

Según Tapia (1987) y Bonilla (1990), es un carácter influenciado por factores genéticos propios de cada variedad que también depende del número de vainas por planta y factores ambientales que lo hacen uno de los determinantes del rendimiento. Por último el rendimiento de grano seco tuvo un rango de 1 a 16 g por planta encontrado en las líneas MBC 98 y 54, el valor promedio fue 10.3 g planta⁻¹; según Davis (1985), el rendimiento está controlado por varios o muchos genes y como indica Márquez (1991) se encuentra en función del número de ramas por planta, vainas por planta, granos por vaina y el peso de la semilla, caracteres que a su vez se encuentran afectados por las condiciones medio ambientales.

Tabla 4. Datos estadísticos de las variables cuantitativas en la caracterización fenotípica.

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)	Mínimo	Máximo
Días a madurez fisiológica	136.00	6.09	4.50	126.00	153.00
Altura de planta (cm)	130.00	50.17	38.64	19.00	290.00
Diámetro del tallo (cm)	0.43	0.08	19.10	0.30	0.64
Días a madurez fisiológica	136.00	6.09	4.50	126.00	153.00
Altura de planta (cm)	130.00	50.17	38.64	19.00	290.00
Diámetro del tallo (cm)	0.43	0.08	19.10	0.30	0.64
Ancho de la hoja (cm)	60.80	1.27	18.80	3.90	11.00
Longitud de la hoja (cm)	9.50	1.56	16.30	5.40	13.80
Longitud del botón floral (cm)	0.80	0.27	33.90	0.40	2.40
Ancho del botón floral (cm)	0.40	0.11	26.10	0.20	0.70
Longitud de la inflorescencia (cm)	7.20	4.57	63.10	1.30	20.40
Longitud del pedicelo (cm)	0.70	0.36	50.00	0.20	1.90
Longitud de la bractéola (cm)	0.60	0.23	40.60	0.10	1.40

Ancho de la bractéola (cm)	0.40	0.16	44.20	0.20	0.90
Longitud del ápice (cm)	1.50	0.63	43.40	0.00	3.20
Longitud de la vaina (cm)	11.50	2.04	17.80	7.20	21.00
Ancho de la vaina (cm)	1.20	0.18	15.30	0.90	1.80
Longitud del grano (cm)	1.40	0.14	10.40	1.10	1.70
Ancho del grano (cm)	0.80	0.08	9.30	0.70	1.00
Grosor del grano (cm)	0.65	0.07	10.80	0.50	0.83
Lóculos por vaina	4.00	0.76	18.60	2.00	6.00
Racimos por planta	17.00	12.62	74.53	2.00	54.00
Ramas por planta	2.00	0.59	29.92	0.00	3.00
Nudos por planta	13.00	3.72	28.65	7.00	22.00
Vainas por planta	19.00	12.40	64.57	2.00	76.00
Granos por vaina	4.00	0.70	19.15	2.00	6.00
Peso de 100 granos (g)	55.80	14.50	26.00	7.70	97.90
Rendimiento por planta (g planta ⁻¹)	10.30	4.08	39.59	0.90	15.90

A partir de los resultados de la caracterización fenotípica, se realizó el análisis de conglomerados para determinar grupos diferenciados, aunque no se encontraron similitudes entre muchas líneas, se determinaron 34 grupos a una distancia euclidiana de

cinco unidades, a partir de lo cual, se seleccionaron 18 líneas promisorias encontradas en los grupos 9, 14, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 28 y 29, las líneas seleccionadas se encuentran subrayadas con amarillo (Figura 1).

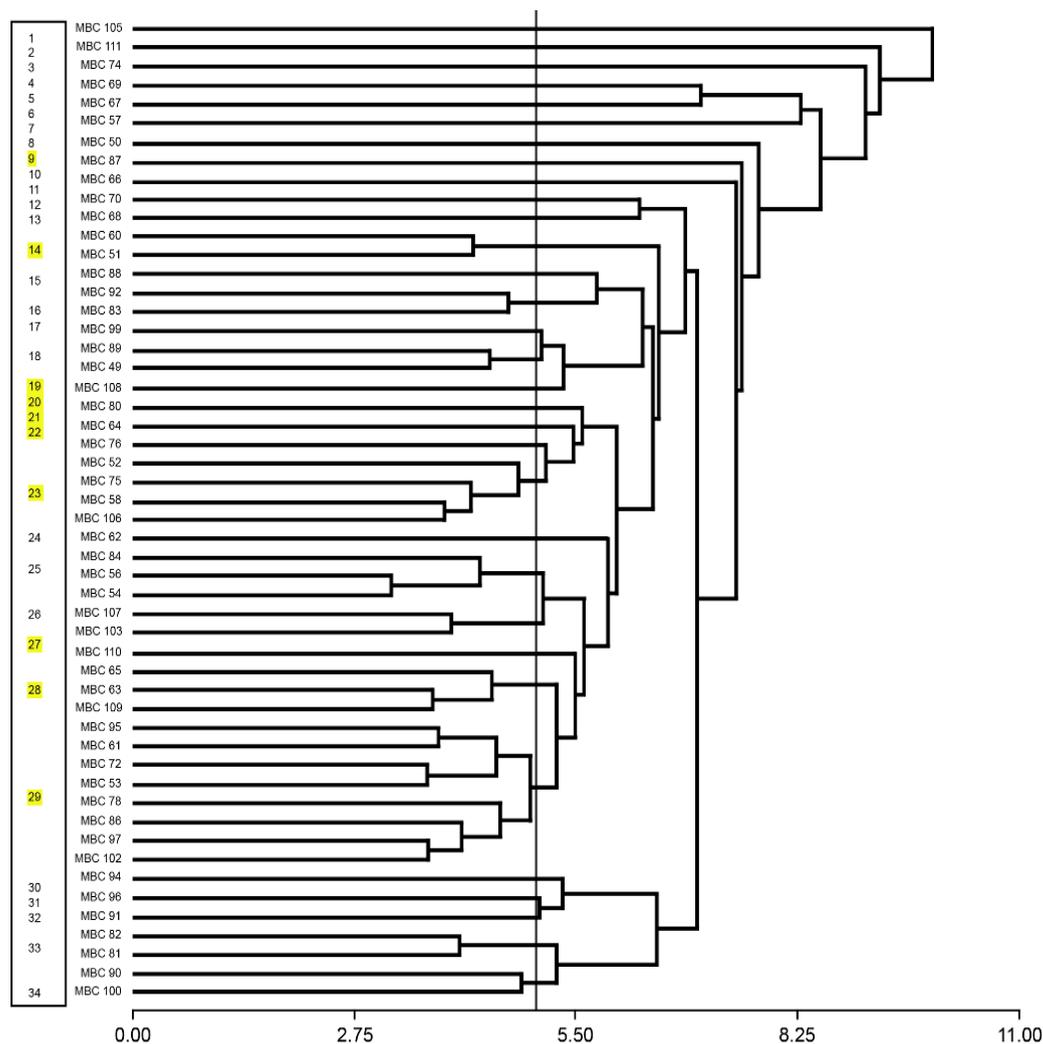


Figura 1. Análisis de conglomerados de las 63 líneas avanzadas MBC.

Caracterización agronómica

Ensayo I (frijoles de color blanco)

Para la evaluación agronómica de líneas promisorias en frijol banco se determinó, en las variables cualitativas, que la sección transversal de la vaina de la línea MBC 61 fue en forma de pera, mientras que en las demás fue elíptica redondeada, la línea MBC 76 tuvo hoja cuadrangular, para las demás fue triangular, las líneas MBC 51 y 53 presentaron bractéola lanceolada mientras que para la mayoría fue ovalada, la curvatura de vaina fue recta solo para las líneas MBC 51 y 52 de las demás fue ligeramente curva, en cuanto a la sutura de vaina la mayoría fue poco hilachosa, sin embargo las líneas MBC 53 y 63 obtuvieron una sutura de valvas moderadamente hilachosa. Los caracteres fijos y constantes se determinaron comparando los resultados de la costa de Lima y la sierra de Carhuaz donde se definió que los caracteres cualitativos constantes fueron: ausencia de antocianinas, color de alas, sección transversal de las vainas, posición de ápice, color de semilla y color de hilum. Mientras que los caracteres cualitativos variables fueron: color clorofílico de hojas, persistencia de hojas, color de estandarte, forma de hojas, forma de bractéola, posición de vainas, orientación de ápice, curvatura, color de vaina, sutura, fibra, brillo del grano, forma de grano y vigor de planta.

Se esperaba que caracteres como forma de la hoja y de la bractéola se mantuvieran constantes, en contra posición a lo encontrado por Vargas (1985) donde los caracteres constantes incluyeron el color de hoja y flor. Los caracteres variables tuvieron relación a lo encontrado por Vargas (1985) donde el vigor de planta lo clasificó dentro de este grupo. En otro lado en variables cualitativas, se obtuvo en promedio 75 días a floración y 144 días a madurez fisiológica, de acuerdo al análisis de varianza, las variables no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$), por lo tanto todas las líneas tuvieron el mismo desarrollo fenológico que el testigo Blanco Molinero de hábito de crecimiento tipo I; además teniendo en cuenta que los frijoles volubles en la sierra del Perú tienen un ciclo del cultivo de 7.5 meses (PLGO, 2014), en este ensayo se cosechó a los seis meses con una disminución sustancial en el ciclo del cultivo. Vélez et al. (2007) señalaron un ciclo vegetativo de 70 días a floración y 158 días a madurez fisiológica en frijol voluble asociado con maíz, mientras que en este estudio se obtuvo un menor ciclo vegetativo. Por otro lado, Voysest (2000) determinó

que para frijol sembrado de 13-15°C como la presentada en Carhuaz; se consideran precoces los genotipos que tienen aproximadamente 190 días a madurez fisiológica, basados en esto los genotipos evaluados se consideran promisorios porque fueron 46 días más precoces. De acuerdo a Ríos et al (2014) el rango de variación de días a floración fue de 85-132 y 167 días a madurez fisiológica, los materiales evaluados fueron precoces y con un alto potencial para utilizarse en regiones de sierra.

El promedio de número de vainas fue de 20, según el ANVA no hubo diferencias significativas entre las líneas, sin embargo, se pudo observar una gran diferencia de las líneas con un rango de 16-28 vainas con respecto al testigo, el cual solo produce en promedio ocho vainas por planta (Tabla 5). Según lo reportado por Ríos et al. (2014), el rango de variación del número de vainas por planta se encuentra entre 12-46 vainas en líneas MBC evaluadas en Colombia, para este estudio el rango fue menor (16-28), pero el promedio de vainas por planta de 20 fue próximo a lo encontrado bajo esas condiciones, característica de importancia por su relación con el potencial de producción de la planta y por ende con el rendimiento. Según López y Ligarreto (2006), el número de vainas por planta es el carácter de mayor importancia asociado al rendimiento y que se encuentra enmascarado por los efectos ambientales.

El número de granos por vaina fue en promedio cuatro, de acuerdo al ANOVA realizado se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) y con la prueba de Duncan se determinó que la línea MBC 61 con cinco granos por vaina fue la que sobresalió de las demás y fue semejante al testigo. Es importante resaltar el comportamiento de la línea MBC 76 con la que se obtuvo 28 vainas por planta, pero solo tres granos por vaina en concordancia con lo expuesto por White (1985) quien afirma que el aumento del número de vainas puede reducir el número de granos, mientras que Ríos et al. (2014) encontró que el número de granos por vaina varió de 2-3 menor al valor encontrado en las líneas de estudio, indicando que existe un mayor potencial de producción en estas líneas (Tabla 5).

El peso de 100 granos fue en promedio de 58 g, se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), con la prueba de Duncan se determinó que la línea MBC 80 con 74 g tuvo el mayor peso y similar al testigo fue el peso encontrado en las líneas MBC 61 y 63. Ríos et al. (2014) determinó que el peso varió entre

68 y 72 gramos valores mayores a lo obtenido en este ensayo y que demuestran que se trató de un tamaño grande de grano. La característica de mayor importancia es el rendimiento, en este ensayo fue de 751 kg ha⁻¹ en promedio y oscilo entre 625-863 kg ha⁻¹, no hubo diferencias significativas entre las líneas, sin embargo, se observó una ligera superioridad de las líneas con respecto al testigo (536 kg ha⁻¹), el mayor rendimiento lo obtuvieron las líneas MBC 53, 61 y 63, con una producción de maíz blanco amiláceo asociado de 1030 kg ha⁻¹. Cabe resaltar que en el asocio hay efecto de la competencia por luz y recursos del suelo sobre los componentes del rendimiento y la estructura fotosintética, además de una reducción del rendimiento en un 40% en forma general (Vélez et al., 2007). Los caracteres cuantitativos que se consideraron como constantes fueron: nudos por planta, semillas por vaina, ramas por

planta. Los caracteres cuantitativos variables fueron: altura de planta, diámetro de tallo, ancho de bractéola, longitud de vaina, racimos por planta, tamaño de hoja, tamaño de botón, días a floración, días a madurez fisiológica, número de vainas, longitud inflorescencia, longitud pedicelo, lóculos por vaina, peso de 100 semillas, tamaño de grano y rendimiento (Tabla 5). En concordancia con Vargas (1985) quien clasificó el número de ramas dentro de los caracteres constantes y los días a floración, número de vainas, rendimiento y altura de planta dentro de los caracteres variables. Sin embargo, según Aguirre et al. (2003), los caracteres número de ramas, diámetro de tallo y nudos por planta varían de acuerdo a las condiciones ambientales donde se evalúan, en este ensayo se obtuvo que el número de ramas permaneció constante difiriendo con lo indicado anteriormente.

Tabla 5. Comparación de los caracteres cuantitativos en costa y sierra del Perú para frijón blanco (ensayo I).

Variables	Costa			Sierra		
	Promedio	Desviación estandar	Coefficiente de variación (%)	Promedio	Desviación estandar	Coefficiente de variación (%)
Longitud de la hoja (cm)	9.94	0.99	9.97	10.47	0.61	5.88
Ancho de la hoja (cm)	7.17	1.13	15.74	7.17	0.83	11.56
Altura de la planta (cm)	136.25	33.8	24.81	138.37	38.19	27.60
Diámetro del tallo (cm)	0.38	0.04	11.00	0.35	0.06	16.76
Longitud de botón floral (cm)	0.71	0.20	27.63	0.76	0.08	10.9
Ancho de botón floral (cm)	0.37	0.15	40.91	0.41	0.03	7.62
Longitud de la bractéola (cm)	0.56	0.31	55.61	0.54	0.15	26.86
Ancho de la bractéola (cm)	0.31	0.09	29.83	0.34	0.09	27.40
Longitud de la inflorescencia (cm)	5.97	3.19	53.46	3.30	1.09	32.92
Longitud del pedicelo (cm)	0.65	0.28	43.29	0.86	0.28	32.33
Longitud de la vaina (cm)	10.02	1.49	14.89	12.37	1.70	13.75
Ancho de la vaina (cm)	1.08	0.11	10.04	0.89	0.11	12.25
Longitud del ápice (cm)	1.41	0.44	31.38	1.55	0.25	16.42
Peso de 100 semillas (g)	49.58	10.67	21.51	57.71	7.66	13.27
Longitud del grano (cm)	1.26	0.12	9.69	1.37	1.40	10.27
Ancho del grano (cm)	0.8	0.06	7.25	0.90	0.40	4.65
Grosor del grano (cm)	0.64	0.05	8.36	0.69	0.44	6.46
Rendimiento por planta (g planta ⁻¹)	11.34	3.55	31.27	12.38	1.77	14.29
Días a floración	67.00	2.31	3.43	75.00	1.43	1.90
Días a madurez fisiológica	132.00	3.99	3.02	144.00	0.49	0.34
Nudos por planta	14.00	2.00	14.31	14.00	3.85	27.23
Racimos por planta	27.00	15.53	57.53	15.00	3.16	20.49
Vainas por planta	21.00	7.08	33.94	22.00	6.05	27.84
Lóculos por vaina	4.00	0.74	18.60	5.00	0.48	9.96
Semillas por vaina	4.00	0.55	15.28	4.00	0.51	11.42
Ramas por planta	2.00	0.32	14.42	2.00	0.73	30.23

Entre las correlaciones más importantes se encuentra la existente entre la altura de la planta y el número de nudos coincidiendo con lo expuesto por Ligarreto y Martínez (2002). La asociación encontrada entre el peso de 100 granos con la longitud y ancho del grano

corroboró lo indicado por Camarena et al. (2009), la correlación del tamaño de grano con la longitud de la hoja hace referencia a la eficiencia fotosintética de la planta para producir granos que está ligado a los factores genéticos y fisiológicos que posee la planta.

El tamaño de la hoja se encuentra relacionado con el área foliar, peso foliar y área foliar específica que según Ligarreto (2013) son caracteres que demuestran la eficiencia fotosintética de una planta porque es uno de los componentes de rendimiento. No se encontraron correlación entre el rendimiento y sus componentes como se esperaba. Los resultados fueron contrarios a lo indicado por Manrique (1980) citado por Espinoza (2009) y González et al. (2007) quienes encontraron que el rendimiento se correlacionó con días a floración, altura, número de vainas por planta, número de granos por vaina, pero no con peso de 100 granos.

En relación a lo obtenido en el análisis de correlación y en los componentes principales se seleccionaron las siguientes características para el análisis de agrupamiento de las líneas: número de granos, tamaño de bractéola, longitud y ancho de grano, longitud de ápice, número de vainas, longitud de pedicelo, diámetro de tallo, longitud de la vaina, días a madurez fisiológica y número de ramas. En el análisis de agrupamiento (Figura 2) se utilizaron las variables identificadas por Ligarreto y Martínez (2002) quienes determinaron que las variables longitud de ápice de las vainas, vainas por planta, días a maduración fisiológica y longitud de vainas permiten discriminar las líneas en estudio debido a que mantienen su repetibilidad en el tiempo.

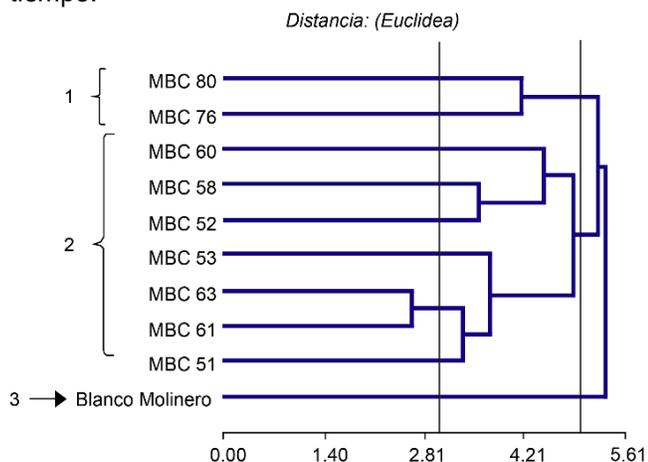


Figura 2. Dendrograma de líneas avanzadas de frijol blanco.

En la Figura 2 se puede apreciar que ninguna de las líneas se encuentra duplicada y que cada una posee características particulares; sin embargo, a cinco unidades de distancia euclidiana aparecen tres grupos: En el grupo 1 se agruparon las líneas MBC 80 y MBC 76 con cuatro granos por vaina como característica en común. En el grupo 2 se encontraron las líneas

MBC 58, MBC 51, MBC 52, MBC 53, MBC 60, MBC 61 y MBC 63 que compartieron las siguientes características: 5 lóculos y 5 granos por vaina. A una distancia euclidiana de tres unidades se puede observar la similitud existente entre las líneas MBC 61 y MBC 63 que tienen: hoja triangular, persistencia intermedia de hojas, bractéola de forma lanceolada, vainas distribuidas en la base de la planta, semilla ovalada, la mayor longitud de inflorescencia con 4.84 cm y con los rendimientos más altos de 833 kg ha⁻¹ y 863 kg ha⁻¹, respectivamente. El testigo (grupo 3) tuvo un comportamiento muy diferente al de las líneas en estudio al presentar una altura de 0.7 m, diámetro de tallo de 0.23 cm, menor número de nudos (4), mayor longitud de vaina (14.31 cm) y longitud de ápice de 2.12 cm, con solo 8 vainas por planta distribuidas en la parte superior de la planta.

Ensayo II (frijoles de color amarillo)

Dentro de las características cualitativas, en este ensayo se determinó que el color de las vainas fue amarillo oro a amarillo oscuro en el 70% de los genotipos, con vainas ligeramente curvas (50%), brillo del grano (50%), forma ovalada (60%) y un vigor intermedio entre bueno y pobre (70%), sin embargo, la línea MBC 111 presentó un excelente vigor. En cuanto a color se obtuvo dos clases, los genotipos MBC 95 y 97 con granos amarillos tipo canario, mientras que en los otros genotipos el color predominante fue marrón en diferentes tonalidades asociado al tipo pinto. Esta variación del color se observó en la siembra realizada en la costa y en la sierra y permitió reconocer que este material genético no se encontraba en generaciones avanzadas, donde los caracteres se encuentran hijos. Por otro lado, en las variables fenológicas no se encontraron diferencias significativas, en relación a los datos obtenidos en este ensayo los días a floración promedio fueron de 77 días y 153 días a madurez fisiológica, en relación al ensayo I, tuvo un ciclo de cultivo más largo, con nueve días de diferencia. Estos valores se confirman con lo expuesto por Vélez et al. (2007) de 158 días a madurez fisiológica y en relación a Voysest (2000) y PLGO (2014) los genotipos en estudio son frijoles volubles precoces (DMF < 190 días) con reducción de un mes en el ciclo de cultivo, característica de importancia agronómica y de interés para el agricultor. Algunos de los caracteres que se consideran dentro de los componentes de rendimiento son los que determinaron Restrepo y Laing (1979): número de granos por vaina, peso de 100 granos, número de ramas por plantas, número de nudos por

planta, número de vainas por planta y rendimiento. La variable granos por vaina tuvo diferencias altamente significativas y se obtuvo que los genotipos MBC 111, 97 y 95 tuvieron cinco granos mayor que el promedio de los genotipos de cuatro granos (Tabla 6). En cuanto al peso de 100 granos no se encontraron diferencias entre los genotipos, con un valor promedio de 52 g, que según Camarena et al. (2009) se trata de granos de tamaño grande. El número de vainas por planta tuvo diferencias altamente significativas entre los genotipos siendo el genotipo MBC 111 la de mayor número con 34 vainas por planta en comparación con los otros genotipos (21) y el testigo (26). Por último, para el

rendimiento se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) donde la línea MBC 111 sobresalió con un rendimiento promedio de 1256 kg ha^{-1} , otros genotipos con altos valores fueron MBC 108 (988 kg ha^{-1}) y MBC 109 (923 kg ha^{-1}) valores mayores que el promedio (727 kg ha^{-1}) y el testigo PLVI 1-3 (304 kg ha^{-1}). De acuerdo a González et al. (2007), el rendimiento se encuentra asociado con la altura de la planta y el número de vainas, en este estudio por lo contrario la línea MBC 111 obtuvo una altura de 1.65 m, 34 vainas por planta y el mayor rendimiento, por lo cual no se observó la relación con la altura.

Tabla 6. Comparación de los caracteres cuantitativos en costa y sierra del Perú para frijol amarillo (ensayo II).

Variables	Costa			Sierra		
	Promedio	Desviación estandar	Coefficiente de variación (%)	Promedio	Desviación estandar	Coefficiente de variación (%)
Longitud de la hoja (cm)	9.60	1.44	15.02	10.87	1.13	10.41
Ancho de la hoja (cm)	6.53	0.77	11.76	8.10	0.57	6.98
Altura de la planta (cm)	115.41	43.12	37.36	150.25	19.77	13.16
Diámetro del tallo (cm)	0.43	0.08	19.05	0.53	0.07	13.93
Longitud de botón (cm)	0.67	0.06	8.32	0.75	0.09	12.17
Ancho de botón (cm)	0.39	0.11	27.11	0.36	0.04	10.82
Longitud de la bractéola (cm)	0.52	0.11	20.93	0.58	0.11	18.51
Ancho de la bractéola (cm)	0.41	0.19	46.22	0.40	0.10	24.67
Longitud de la inflorescencia (cm)	6.56	6.00	91.45	3.31	0.25	7.46
Longitud del pedicelo (cm)	0.66	0.29	43.45	0.61	0.17	27.58
Longitud de la vaina (cm)	11.82	0.68	5.78	12.51	0.76	6.06
Ancho de la vaina (cm)	1.12	0.15	13.02	1.15	0.83	71.86
Longitud del ápice (cm)	1.29	0.43	33.02	1.66	0.34	20.19
Peso de 100 semillas (g)	57.19	8.88	15.53	53.77	4.99	9.28
Longitud del grano (cm)	1.35	0.08	6.22	14.32	1.24	8.64
Ancho del grano (cm)	0.82	0.09	11.28	8.48	0.52	6.08
Grosor del grano (cm)	0.72	0.16	22.73	6.78	0.16	2.30
Rendimiento de la planta (g planta^{-1})	11.64	3.94	33.82	12.34	6.70	54.27
Días a floración	67.00	3.14	4.69	77.00	1.24	1.61
Días a madurez fisiológica	137.00	6.12	4.46	152.00	0.73	0.48
Nudos por planta	13.00	3.81	29.76	15.00	2.29	14.82
Racimos por planta	15.00	12.77	87.05	13.00	2.76	20.65
Vainas por planta	22.00	20.71	93.76	20.00	6.36	31.14
Lóculos por vaina	4.00	0.86	19.45	4.00	0.42	9.41
Semillas por vaina	4.00	0.47	12.26	4.00	0.67	15.50
Ramas por planta	2.00	0.24	12.31	2.00	0.11	5.41

Los caracteres cualitativos fijos fueron: semillas por vaina, lóculos por vaina y ramas por planta. Los caracteres cualitativos variables fueron: tamaño de hoja, tamaño de bractéola, tamaño de botón, racimos por planta, vainas por planta, peso 100 semillas, tamaño grano, longitud inflorescencia, longitud pedicelo, rendimiento, altura, diámetro de tallo, días a floración y días a madurez fisiológica (Tabla 6). Estos resultados se confirman con lo expuesto por Vargas (1985) quien determinó que los caracteres

variables fueron los días a floración, el número de vainas, rendimiento de grano y altura de planta. Las correlaciones entre las variables estudiadas, de mayor interés fueron: la correlación entre número de nudos y ramas por planta corroborado por Ligarreto (2013), quien menciona que el número de ramas repercute en el vigor de la planta y por ende en la capacidad fotosintética de la planta. Las variables número de lóculos y granos por vaina estuvieron altamente correlacionadas, también se encontró correlación entre

el peso de 100 granos y el número de granos por vaina, además del número de ramas por planta, lo que lleva a inferir que estas variables se asocian debido a que el rendimiento por planta depende de la eficiencia fotosintética de la planta y del potencial genético.

Con el análisis de componentes principales se apreció que los primeros seis componentes representan el 90% de la variación total. En base a los componentes principales y a las correlaciones encontradas, las variables que se seleccionaron para agrupar los genotipos fueron: altura, granos por vaina, tamaño de grano (longitud, ancho, grosor), longitud de botón, días a floración, longitud de vaina, tamaño hoja (longitud, ancho), días a madurez fisiológica, longitud de ápice, vainas por planta en concordancia con lo expuesto por Ligarreto y Martínez (2002). En la Figura 3 se muestra el dendograma construido a cinco unidades de distancia euclidiana donde se formaron tres grupos: el primer grupo correspondió al testigo PLVI1-3 que tuvo una altura de 1 m, con tres granos por vaina en promedio, tamaño de grano pequeño y 34 g peso de 100 granos y posición de vainas en la parte superior de la planta. El segundo grupo estuvo conformado por los genotipos MBC 108, 109 y 110, que compartieron las siguientes características: bractéola lanceolada, grano marrón tipo pinto, brillante con 54 g peso de 100 semillas y rendimiento promedio de 906 kg ha⁻¹.

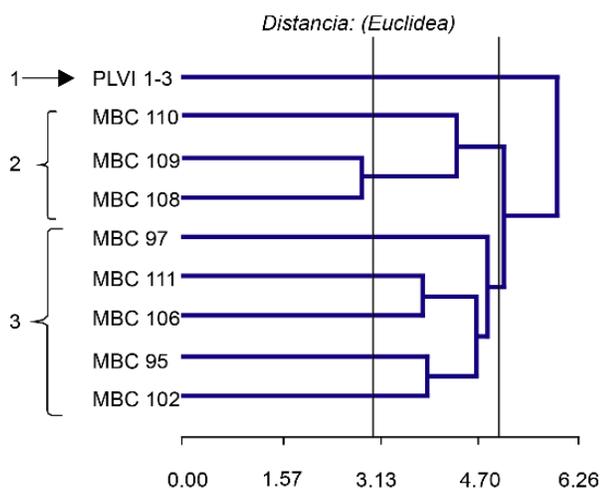


Figura 3. Dendrograma de genotipos promisorios de frijol amarillo.

El tercer grupo estuvo conformado por MBC 97, 111, 106, 95 y 102 con hojas que no persistieron a la cosecha y ápice de vaina orientado hacia abajo. Sin embargo el genotipo MBC 111 tuvo características particulares por las cuales sobresalió como vainas ubicadas en la parte superior de la planta, excelente

vigor, 78 días a floración, 18 racimos por planta, 34 vainas por planta y rendimiento de 1255 kg ha⁻¹, características superiores que el resto de los genotipos. Cabe resaltar que dentro de los genotipos no existió duplicidad y el testigo se comportó muy diferente a los genotipos, siendo materiales promisorios para utilizarse en las zonas de estudio, llevando los genotipos a generaciones avanzadas.

Evaluación de síntomas de virus

Se observó que las líneas de frijol blanco no fueron afectadas por el virus presente en el campo, sin embargo, las líneas MBC 53, MBC 80 y el testigo tuvieron síntomas dudosos con un porcentaje de severidad de 3% (Figura 4). Los genotipos de grano amarillo evaluados en el Ensayo II presentaron una mayor presencia de virus en comparación con lo encontrado en las líneas de frijol blanco, siendo el genotipo MBC 87 el más afectado, seguido por los genotipos MBC 106, MBC 110, MBC 108, MBC 97, MBC 102 y MBC 95. Mientras que el testigo (PLVI1-3) y los genotipos MBC 109 y MBC 111 no presentaron síntomas.

Las series MAC y MBC de las cuales se originaron las líneas avanzadas en estudio se mejoraron con la incorporación de resistencia a enfermedades fungosas, como antracnosis, mancha angular y también virales, específicamente resistencia al BCMV (FONTAGRO, 2004; Alarcon y Rodriguez, 2007). Es posible que el virus encontrado en campo sea el BCMV (Bean Common Mosaic Virus) porque es el virus más importante que ataca frijol y se encuentra en todas las regiones del mundo donde se cultivan variedades susceptibles (Morales y Castaño, 2008) e infecta en forma natural a otras leguminosas (Morales y Bos, 1988). Las causas de la ausencia de síntomas en las líneas de grano blanco posiblemente sean: escape o en esta zona del terreno no se presentó una alta población del áfido que actúa como vector del virus BCMV que es transmitido en forma no persistente por al menos 12 especies de áfidos (Drijfhout et al., 1978). De acuerdo a Conti et al. (2000), los síntomas observados no son tan graves y no afectan significativamente el rendimiento del frijol, puesto que se manifiestan con mayor claridad a temperaturas de 20-25°C, por lo cual los 14°C de la sierra pudieron influir en su expresión, la importancia del virus radica en que las infecciones severas pueden causar un 54% de pérdidas en el número de vainas y 68% en el rendimiento de semilla (Allen, 1983).



Figura 4. Síntomas de los virus, moderados (Izq.), débiles (Cent.), ausentes (Der.).

En la evaluación de síntomas de invernadero, las muestras recolectadas en campo con síntomas de virus fueron evaluadas a una temperatura promedio de 22°C, los resultados se muestran en la Tabla 7. En él se indica que las variedades susceptibles Red Kidney

y Bountiful fueron apropiadas para la multiplicación del inóculo de virus del frijol, las plantas no murieron y permitieron incrementar el inóculo, aunque después de la multiplicación muchas de las muestras no mostraron síntomas, posiblemente a la baja cantidad del virus.

Tabla 7. Sintomatología de virus evaluado en invernadero.

Muestra	Procedencia	Sintomatología		
		Red Kidney	P. acutifolius	Bountiful
1 Canario Camanejo	Camaná, Arequipa	Mosaico	Mosaico	Mosaico, deformación de hojas
2 Canario 2000	Camaná, Arequipa	Mosaico	ns*	Mosaico, deformación de hojas
3 Fríjol	Huaraz, Ancash	Mosaico, deformación de hojas	Mosaico, deformación de hojas	Mosaico
4 Fríjol vainita	UNALM, Lima	Deformación de	ns	Mosaico
5 Fríjol	Huaral, Lima	Mosaico	Mosaico	Mosaico
6 Canario	Pachacamac	Mosaico	ns	ns
7 PLV11-3	Pachacamac, Lima	Mosaico	ns	ns
8 Fríjol	Chimbote, Ancash	Mosaico	ns	Mosaico, deformación de hojas
9 Fríjol	Universidad Nacional San Luis Gonzaga- Ica	ns	ns	Necrosis de nervaduras
10 Fríjol	Valle de Ica, Ica	ns	ns	Mosaico
11 Fríjol	Ocucaje, Ica	Necrosis de hojas	ns	Mosaico

ns = no síntomas

CONCLUSIONES

En la caracterización fenotípica de las 63 líneas avanzadas de frijol los caracteres cualitativos de mayor importancia fueron la curvatura de vaina, persistencia de hojas, posición de vainas, color de grano y vigor de planta. En los ensayos para frijol blanco y amarillo los caracteres constantes fueron: color de alas, granos por vaina y ramas por planta. Los caracteres discriminativos que permiten agrupar de forma eficiente las líneas fueron: granos por vaina, tamaño de grano (longitud, ancho, grosor), longitud de ápice, vainas por planta, longitud de vaina y días a madurez

fisiológica. La sintomatología viral observada en campo puede deberse al virus del mosaico común del frijol, de acuerdo a la evaluación en invernadero el diferencial Bountiful permite discriminar mejor la sintomatología de los aislamientos colectados.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, R; Peña, C; Bayuelo, J. 2003. Morphology, phenology and agronomic traits of two wild Mexican common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) populations under cultivation. South African Journal of Botany, 69(3): 410-421.

- Alarcón, E; Rodríguez, D. 2007. Alianzas y resultados de proyectos regionales de Investigación Agropecuaria en América Latina y El Caribe:(FONTAGRO: segunda y tercera convocatorias). IICA, San Jose, Costa Rica. 68 p.
- Allen, D. 1983. The pathology of tropical food legumes, disease resistance in crop improvement. John Wiley and Sons. 430 p.
- Bonilla, J. 1990. Efecto del control de maleza y distancias de siembra sobre las xenosis de las malezas, crecimiento y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Agr. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 32 p.
- Camarena, F; Huaranga, A; Mostacero, E. 2009. Innovación Tecnológica para el Incremento de la Producción de Frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L). UNALM, CONCYTEC. 232 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol. Cali, Colombia. 56 p.
- Conti, M; Gallitelli, D; Lisa, V; Lovisollo, O; Martelli, G; Ragozzino, A; Rana G; Vovlas, C. 2000. Principales Virus de las Plantas Hortícolas. España. Ediciones Mundi. Prensa.
- Davis, J. 1985. Conceptos básicos de genética de frijol. En: Frijol: Investigación y producción. Primera Edición. Editado por: Fernández, F y Van Schoonhoven, A. CIAT, Cali, Colombia. 86 p.
- Drijfhout, E; Silbernagel, M y Burke, D. 1978. Differentiation of strains of bean common mosaic virus. Plant. Pathol. 84: 13-26.
- Espinoza, E. 2009. Evaluación de 16 genotipos seleccionados en dos densidades de frijol canario cv. Centenario (*Phaseolus vulgaris* L.) por su calidad y rendimiento en condiciones de costa central. Tesis Ing. Agr. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 179 p.
- FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria). 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. Consulta: 15 abril 2015. Disponible en: https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/1999/01/pp_IST_99_09_0.pdf
- Gallego, C; Ligarreto, G; Garzón, L; Oliveros, O; 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.
- González, G; Pérez, D; Trujillo, A; Gutiérrez, M. 2007. Caracterización morfológica de 86 accesiones de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) pertenecientes al banco de germoplasma del INIA-CENIAP. XVII- Con.Ven.Bot. IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources, IT).1982. Descriptors for *Phaseolus vulgaris*. Roma. Italia. 32 p.
- Jacinto, C; Hernández, H; Azpíroz, S; Acosta, J; 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.
- Ligarreto, G; Martínez, O. 2002. Variabilidad y genética en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.): Análisis de variables morfológicas y agronómicas cuantitativas. Agronomía Colombiana. 19 (1-2): 69-80.
- Ligarreto, G. 2013. Componentes de variancia en variables de crecimiento y fotosíntesis en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Rev.udcaactual.divulg.cient. 16 (1): 87-96.
- López, JE; Ligarreto, GA. 2006. Evaluación por rendimiento de 12 genotipos promisorios de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo Bola Roja y Reventón para las zonas frías de Colombia. Agronomía Colombiana, 24(2): 238-246.
- Márquez S. 1991. Genotecnia vegetal, métodos teóricos, resultados. Primera edición. A.G.T. Editor. México, D. F. 500 p.
- Morales, F; Castaño, M. 2008. Enfermedades virales del Frijol Común en América Latina. CIAT. Unidad de Virología. 364: 60 p.
- Morales, F; Bos, L. 1988. Bean common mosaic virus. Descriptions of Plant Viruses. 337.

Otálora, JM; Ligarreto, GA; Romero, A. 2006. Comportamiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo reventón por características agronómicas y de calidad de grano. *Agronomía Colombiana*, 24(1): 7-16.

PLGO (Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas, PE). 2014. Solicitud de información. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Restrepo, J. y Laing, D. 1979. Conceptos básicos en la fisiología del frijol. En Curso Intensivo de adiestramiento Post-Graduado en investigación para la Producción de Frijol. CIAT.

Ríos, D; Viteri, S; Delgado, H. 2014. Evaluación Agronómica de líneas avanzadas de frijol voluble *Phaseolus vulgaris* L. en Paipa, Boyacá. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 31(1): 42-54.

Rosas, JC. 2003. El cultivo del frijol común en América Tropical. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, Imprenta Litocom, Tegucigalpa, Honduras. 57 p.

Russo, VM; Bruton, BD; Sams, CE. 2010. Classification of temperature response in germination of Brassicas. *Industrial Crops and Products*, 31(1): 48-51.

Tapia, B. 1987. Mejoramiento varietal del frijol en Nicaragua. ISCA, Managua, NI. 4-11 p.

Vargas, W. 1985. Descripción varietal y evaluación del rendimiento y sus componentes en 15 variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano tipo blanco en verano en la Costa Central y Sur Medio del Perú. Tesis Ing. Agr. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú.

Vélez, L; Clavijo, J; Ligarreto, G. 2007. Análisis ecofisiológico del cultivo asociado a maíz (*Zea mays* L.) – frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*. 60 (2): 3965-3984.

Voysest, O. 2000. Mejoramiento Genético del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 195 p.

White, J. 1985. Conceptos básicos de fisiología del frijol. En: Frijol investigación y producción. Editado por: Fernández, F; Schoonhoven, A y López, M. CIAT, Cali. 43-60.

Artículo recibido en: 30 de abril 2020
Aceptado en: 15 de junio 2020