

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN MEJORAMIENTO GENÉTICO DE
PLANTAS**



**“CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE LÍNEAS AVANZADAS
DE FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)”**

Presentada por:

INGRID DANIELA PUMALPA MENESES

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE EN
MEJORAMIENTO GENETICO DE PLANTAS**

Lima – Perú

2016

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN MEJORAMIENTO GENÉTICO DE
PLANTAS**

**“CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE LÍNEAS AVANZADAS DE
FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGÍSTER SCIENTIAE**

Presentada por:

INGRID DANIELA PUMALPA MENESES

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Félix Camarena Mayta
PRESIDENTE

Mg. Sc Amelia Huaranga Joaquín
PATROCINADOR

Dr. Raúl Blas Sevillano
MIEMBRO

Dr. Tomás Melgarejo Gutiérrez
MIEMBRO

Dedico este trabajo de investigación especialmente a mi hermanita Ángela Valentina Gomajoa Tabla (Q.E.P.D), a mi madre Teresa Meneses Calvache, mi esposo Mauricio Alexander Erazo Villamarin, mi padre Norberto Pumalpa, mis hermanos Carolina, Miguel Ángel y Camila y a Flor Alba Tabla quienes con su apoyo, amor y comprensión fueron indispensables para culminar mis estudios de maestría y elaborar este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios, Padre amoroso que me permitió vivir esta experiencia y me dio la fortaleza para cumplir con esta meta. A mi familia y a mi esposo por su apoyo incondicional, compañía aún en la distancia y palabras de aliento. Sin su ayuda nada de esto sería posible.

Cada una de las actividades desarrolladas en esta tesis necesitó el apoyo constante de los integrantes del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas (PLGO) de la Universidad Nacional La Molina: Mg. Sc. Amelia Huaranga, Dr. Félix Camarena, Ing. Elvia Mostacero, Sra. Nancy Urcia, Ing. Miguel Patricio Palma, Tec. Maritza Martínez Cucho y Tec. Cristian Paucar Urrutia a quienes agradezco profundamente por cada momento compartido, ayuda en las actividades referentes al tema de investigación y sobre todo por su amistad. A mis profesores y amigos Dr. Raúl Blas y Dr. Tomás Melgarejo por su apoyo constante y dedicación en el desarrollo de este trabajo de investigación.

Extiendo mis más sinceros agradecimientos al Ing. Eusebio Reyes Huamán y la Ing. Pilar Caycho, docentes de la Facultad en Ciencias Agrarias y a las estudiantes Melissa Robles Cáceres y Kerly Cáceres Molina de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo-Huaraz, Ancash por su colaboración en el manejo de los ensayos instalados en el lote Arhuaypampa en el distrito de Carhuaz.

A mis amigos Diana, Jaris, Bibiana, Johana, Nancy, Luis Enrique, Magaly, Mercedes, Ascensión, Jacqueline, Vilma, Roger, José, Eduardo, Helen, Jossie y Alina quienes se convirtieron en mi familia en Perú y me brindaron su amistad en todo momento, infinitas gracias por todo.

Y a todas aquellas personas que participaron de alguna manera en la culminación de este documento.

CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE LÍNEAS AVANZADAS DE FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

Daniela Pumalpa Meneses¹

Amelia Huaríngá Joaquín²

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar fenotípicamente 63 líneas avanzadas de fríjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes al virus del mosaico común [*Bean common mosaic virus* (BCMV) y *Bean common mosaic necrosis virus* (BCMNV)] en la Costa y Sierra media del Perú. La siembra se realizó en parcelas de observación en la Costa (La Molina) donde se caracterizaron fenotípicamente utilizando 42 descriptores (IBPGR, 1982). En la sierra (Carhuaz) se instalaron los ensayos de rendimiento con nueve líneas promisorias para fríjol blanco y nueve líneas de fríjol amarillo en asocio con maíz bajo el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones. La presencia de virus se determinó con la escala del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Los resultados demostraron que la línea MBC 53 sobresalió por las características de buen vigor (CIAT, 1987), las vainas en toda la planta, grano blanco, pequeño, ovalado, brillo medio y el rendimiento de 863 kg/ha, mayor que las otras líneas y el testigo. La línea MBC 111 de grano amarillo presentó excelente vigor, las vainas en la parte superior de la planta, mayor número de granos por vaina, vainas por planta y rendimiento de 1256 kg/ha. Se observó la presencia de virus en el campo; sin embargo, el 78% de las líneas de fríjol blanco no presentaron síntomas, mientras en las líneas MBC 53 y MBC 80 los síntomas fueron dudosos. En el fríjol amarillo los síntomas estuvieron ausentes para MBC 109 y MBC 111; débiles para MBC 106 y MBC 110, moderados para MBC 87 y el resto de líneas fueron dudosos según CIAT (1987). En conclusión, los caracteres de mayor importancia fueron la curvatura de vaina, la persistencia de hojas, posición de vainas, color de grano y el vigor de la planta.

Palabras clave: Caracterización, fríjol, líneas avanzadas, *Phaseolus vulgaris*, BCMV.

¹ Ing. Agrónomo, Alumna Maestría Mejoramiento Genético de Plantas, EPG, UNALM

² Profesora Principal, Departamento de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, UNALM

PHENOTIPIC CHARACTERIZATION OF ADVANCED LINES OF BEAN

(*Phaseolus vulgaris* L.)

Abstract

The main objective of this research was to characterize the phenotypic climbing character of 63 bean (*Phaseolus vulgaris* L.) advanced lines which are resistant to the bean common mosaic virus [Bean common mosaic virus (BCMV)] at Coastal and highlands areas of Peru. All advanced bean lines were sown at La Molina (Coastal) where these were phenotypically characterized in one small observation plot trial. A second plot trial was established at Carhuaz (Highlands) which it was related to evaluate the performance of nine selected bean lines associated to maize cropping in a random block design (RBD) with three replicates. The virus presence within the plants was evaluated with the CIAT (1987) scale. The results showed that the MBC 53 line was distinguishable because of its number of pods and small, medium, oval and brightness grain which yielded up to 863 kg.ha⁻¹. The yellow grain MBC 111 line produced excellent vigour, pods on top of plants, greater number of grains per pod and pods per plant and a yield of 1256 kg.ha⁻¹. Virus infection was recognizable in the field crop, however 78% of bean lines did not show symptoms. The yellow bean lines did not show the virus symptoms in MBC 109 and MBC 111; moderate in MBC 87 and lightly in MBC 106 and MBC 110. In other bean lines symptoms were not clearly defined. In conclusion, the main characters for the phenotypic characterization of bean lines were pod curve shape, leaf persistency, pod position, seed color and plant vigour.

Keywords: Beans, *Phaseolus vulgaris* L., advanced lines, phenotypic characterization, BCMV.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 CULTIVO DE FRÍJOL	2
2.1.1 Importancia económica	2
2.1.2 Importancia nutricional	5
2.1.3 Importancia agronómica	7
2.1.4 Sistema de cultivo de fríjol voluble	9
2.1.5 Material genético	11
2.1.6 Virus BCMV y BCMNV	14
2.2 CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA	15
2.2.1 Características morfológicas de <i>P. vulgaris</i>	16
2.2.2 Etapas fenológicas del fríjol	19
2.2.3 Condiciones medio ambientales	20
2.2.4 Descriptores morfológicos	21
2.2.5 Parámetros descriptivos	23
2.2.6 Rendimiento y sus componentes	23
2.2.7 Métodos estadísticos para la caracterización fitogenética	26
2.3 ANTECEDENTES	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL	30
3.1.1 Localización	30
3.1.2 Condiciones de suelo	31
3.1.3 Condiciones medio ambientales	33
3.2 MATERIALES	34
3.2.1 Material vegetal	34
3.2.2 Otros materiales	35
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	36
3.4 DESCRIPTORES EVALUADOS	36
3.4.1 Vegetativos	37
3.4.2 Inflorescencia y vaina	38
3.4.3 Semilla	41

3.4.4 Otros caracteres evaluados	42
3.5 ANÁLISIS DE DATOS	42
3.6 METODOLOGÍA	43
3.6.1 Caracterización de 63 líneas avanzadas en La Molina, Lima	43
3.6.2 Evaluación agronómica de líneas promisorias en Carhuaz- Ancash	44
3.6.3 Evaluación de síntomas de virus en campo	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LÍNEAS AVANZADAS	47
4.1.1 Variables cualitativas	47
4.1.2 Variables cuantitativas	52
4.2 EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LÍNEAS PROMISORIAS	56
4.2.1 Evaluación de líneas promisorias de fríjol blanco (Ensayo I)	58
4.2.2 Evaluación de genotipos promisorios de fríjol amarillo (Ensayo II)	75
4.3 EVALUACIÓN DE SINTOMAS DE VIRUS EN CAMPO	89
4.3.1 Síntomas de virus observados en los ensayos de Carhuaz	89
4.3.2 Síntomas de virus evaluados en invernadero	92
V. CONCLUSIONES	93
VI. RECOMENDACIONES	94
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
VIII. ANEXOS	106

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Composición nutricional de fríjol caballero, canario, guinda y caraota	6
Cuadro 2: Características de líneas promisorias	13
Cuadro 3: Resultado del análisis de suelo del lote “El Guayabo”	31
Cuadro 4: Resultado del análisis de suelo del lote “Arhuaypampa”	32
Cuadro 5: Datos meteorológicos del lote “El Guayabo” de junio a octubre de 2013	33
Cuadro 6: Datos meteorológicos del lote “Arhuaypampa” de noviembre a abril de 2014.	33
Cuadro 7: Pedigree de 63 líneas avanzadas MBC	34
Cuadro 8: Evaluación de síntomas de virus en fríjol	45
Cuadro 9: Variables cualitativas con su correspondiente prueba estadística	47
Cuadro 10: Clase comercial a la que pertenecen las líneas en estudio según el color de grano.	51

Cuadro 11: Variables cuantitativas evaluadas con su correspondiente prueba estadística	52
Cuadro 12: Características morfológicas de las líneas seleccionadas para grano blanco	56
Cuadro 13: Características morfológicas de las líneas seleccionadas de grano amarillo	57
Cuadro 14: Resultados de las variables cualitativas evaluadas en el Ensayo I	58
Cuadro 15: Comparación entre caracteres cuantitativos evaluados en costa y sierra del Perú para fríjol blanco (Ensayo I)	60
Cuadro 16: Cuadrados medios de las variables evaluadas en fríjol blanco - Ensayo I, obtenidos en los análisis de varianza (ANDEVA)	61
Cuadro 17: Prueba de comparación de medias de caracteres cuantitativos evaluados en el Ensayo I. Prueba de Duncan ($p < 0.05$)	62
Cuadro 18: Comparación de caracteres cuantitativos en condiciones de costa y sierra del Perú para fríjol blanco Ensayo I	68
Cuadro 19: Matriz de correlación de variables cuantitativas del Ensayo I, a partir del coeficiente de Pearson. Probabilidades $p (< 0.05)$	70
Cuadro 20: Resultados de las variables cualitativas evaluadas en el Ensayo II	76
Cuadro 21: Comparación de los caracteres cuantitativos en condiciones de costa y sierra del Perú de fríjol amarillo (Ensayo II)	77
Cuadro 22: Cuadrados medios de las variables evaluadas en fríjol amarillo- Ensayo II, obtenidos en los análisis de varianza (ANDEVA)	79
Cuadro 23: Prueba de comparación de medias de caracteres cuantitativos evaluados en el Ensayo II Prueba de Duncan ($p < 0.05$)	80
Cuadro 24: Comparación de los caracteres cuantitativos en costa y sierra del Perú para fríjol amarillo Ensayo II	83
Cuadro 25: Matriz de correlación de variables cuantitativas del Ensayo II, a partir del coeficiente de Pearson. Probabilidades $p (< 0.05)$	85
Cuadro 26: Síntomas de virus en condiciones de Carhuaz- Ancash para fríjol blanco	90
Cuadro 27: Síntomas de virus en condiciones de Carhuaz- Ancash para fríjol amarillo	91
Cuadro 28: Sintomatología de virus evaluada en invernadero	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Contribución de los continentes en la producción de fríjol común expresada en porcentaje -2013.	3
Figura 2: Producción de fríjol por departamentos para el 2013	3

Figura 3: Serie histórica de la producción de fríjol en el Perú (2003-2013)	4
Figura 4: Variedades Blanco Salkantay, Kori Inti y Canario Bola	12
Figura 5: Hábito de crecimiento de fríjol (<i>P. vulgaris</i>)	17
Figura 6: Etapas de desarrollo del fríjol <i>P. vulgaris</i> .	20
Figura 7: Ubicación lote “El Guayabo” – UNALM	30
Figura 8: Ubicación del lote Arhuaypampa – Carhuaz	31
Figura 9: Ensayos de rendimiento sembrados en Carhuaz- Ancash	44
Figura 10: Metodología de inoculación de virus	46
Figura 11: Caracteres cualitativos predominantes	49
Figura 12: Vigor de planta	50
Figura 13: Tonalidades en el color de grano	51
Figura 14: Análisis de conglomerados de las 63 líneas avanzadas MBC (Mid-altitude BCMNV resistant climbing beans)	55
Figura 15: Diagrama de correlación (“var cluster”) en base al coeficiente de Spearman para variables cuantitativas Ensayo I	72
Figura 16: Componentes principales de variables evaluadas en el Ensayo I	73
Figura 17: Dendograma de líneas avanzadas de fríjol blanco	74
Figura 18: Línea avanzada MBC 53	75
Figura 19: Diagrama de correlación (“var cluster”) en base al coeficiente de Spearman para variables cuantitativas Ensayo II	86
Figura 20: Análisis de componentes principales para fríjol amarillo	87
Figura 21: Dendograma de genotipos promisorios de fríjol amarillo	88
Figura 22: Genotipo MBC 111	89
Figura 23: Síntomas de los virus.	90
Figura 24: Síntomas de virus en fríjol	91

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I: Caracterización fenotípica de líneas avanzadas de fríjol voluble (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Variables cualitativas	107
ANEXO II: Caracterización fenotípica de líneas avanzadas de fríjol voluble (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Variables cuantitativas	108
ANEXO III: Características cualitativas evaluadas en el ensayo de líneas de fríjol blanco – Ensayo I	109

ANEXO IV: Características cuantitativas evaluadas en el ensayo de líneas de fríjol blanco	
– Ensayo I _____	110
ANEXO V: Variación representada por los coeficientes de caracteres morfológicos en cada vector asociado a los seis componentes principales del Ensayo I. ____	111
ANEXO VI: Características cualitativas evaluadas en el ensayo de líneas de fríjol amarillo	
– Ensayo II _____	112
ANEXO VII: Características cuantitativas evaluadas en el ensayo de líneas de fríjol amarillo – Ensayo II _____	113
ANEXO VIII: Variación representada por los coeficientes de caracteres morfológicos en cada vector asociado a los seis componentes principales del Ensayo II.	114
ANEXO IX: Evaluación de síntomas en fríjol de grano blanco _____	115
ANEXO X: Evaluación de síntomas en fríjol de grano amarillo _____	116

I. INTRODUCCIÓN

El fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es considerado como una de las leguminosas más importantes en el mundo con una participación del 57 por ciento de la oferta mundial dentro de su clase, esto se debe a las cualidades agronómicas y nutricionales que posee (FAO, 2014). En el Perú es una de las menestras que más se cultivan; su siembra se realiza en las tres regiones: costa, sierra y selva. En el 2013 se obtuvo una producción total de 92.952 toneladas a partir de 81.230 hectáreas cosechadas, con un rendimiento promedio de 1.144 kg/ha (MINAGRI, 2015); sin embargo, el cultivo presenta limitaciones ocasionadas por problemas fitosanitarios principalmente.

El Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas (PLGO) de la Universidad Nacional Agraria La Molina en el 2009 introdujo al país las líneas avanzadas MBC (Mid- altitude BCMNV resistant climbing lines) de grano blanco y amarillo para que sean sembradas en la sierra en asocio con maíz (Villarreal, 1980). Por lo tanto, con el ánimo de conocer el material genético se planteó la hipótesis de que la caracterización fenotípica de las líneas permite conocer su comportamiento en condiciones medioambientales peruanas, mediante el uso de descriptores IBPGR (1982).

Debido a que los descriptores son caracteres altamente heredables que pueden ser detectados a simple vista, se expresan igualmente en todos los ambientes (Franco e Hidalgo, 2003), indican en forma práctica a cada accesión y permiten la discriminación fácil entre fenotipos (Querol, 1988) se propuso caracterizar fenotípicamente las líneas avanzadas de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) con los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar las líneas según los descriptores del International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR).
- Evaluar las líneas de fríjol blanco y amarillo con las mejores características agronómicas.
- Evaluar la presencia de virus en campo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CULTIVO DE FRÍJOL

La Sección *Phaseolus* es la más importante y abarca más de 45 especies. Su importancia económica es debida principalmente al fríjol *P. vulgaris*, especie cultivada tanto en regiones templadas como subtropicales. Según Camarena *et al.* (2010) se puede clasificar de la siguiente forma:

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae = Leguminosae

Sub-familia: Faboideae

Tribu: Phaseoleae

Subtribu: Phaseolinae

Grupo: Phaseolastrae

Género: *Phaseolus*

Sección: *Phaseolus*

Especie: *P. vulgaris* L.

2.1.1 Importancia económica

El fríjol común se siembra en los cinco continentes, Asia participa con el 45 por ciento de la oferta mundial seguido por América con 31 por ciento; la participación de cada región se muestra en la **Figura 1**. En relación a dicha información el mayor productor para el 2013 fue Myanmar (Asia) con 3.8 millones de toneladas, seguido de la India y Brasil con 3.7 y 3.5 millones respectivamente, datos proporcionados por la FAO (2015).

En el 2013 los mayores rendimientos fueron obtenidos por la República Árabe Siria con 7 t/ha seguido por Iraq con 6 t/ha. En América del Sur a pesar de que Brasil tuvo la mayor producción de fríjol común dada la gran área de cosecha, los mayores rendimientos los obtuvieron Colombia y Perú con 1.178 y 1.137 kg/ha respectivamente (FAO, 2015).

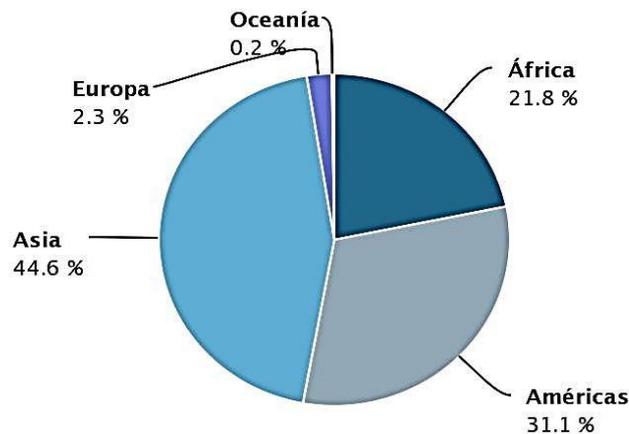


Figura 1. Contribución de los continentes en la producción de fríjol común expresada en porcentaje -2013
 FUENTE: FAO, 2015

En el Perú, el fríjol se siembra en todo el país, en la Costa (fríjol arbustivo) y en la Sierra (fríjol voluble o trepador). En el 2013, Perú obtuvo una producción de 93 mil toneladas cosechadas en 81 mil hectáreas del cultivo con un rendimiento promedio de 1.144 kg/ha y comercializado en campo a un precio promedio de S/.5/kg (MINAGRI, 2015). En la **Figura 2** se observa que los departamentos que contribuyeron con mayor producción de fríjol para el 2013 fueron: Cajamarca (21 por ciento), Arequipa (13 por ciento), Huánuco (13 por ciento), Huancavelica (10 por ciento) y Apurímac (10 por ciento).

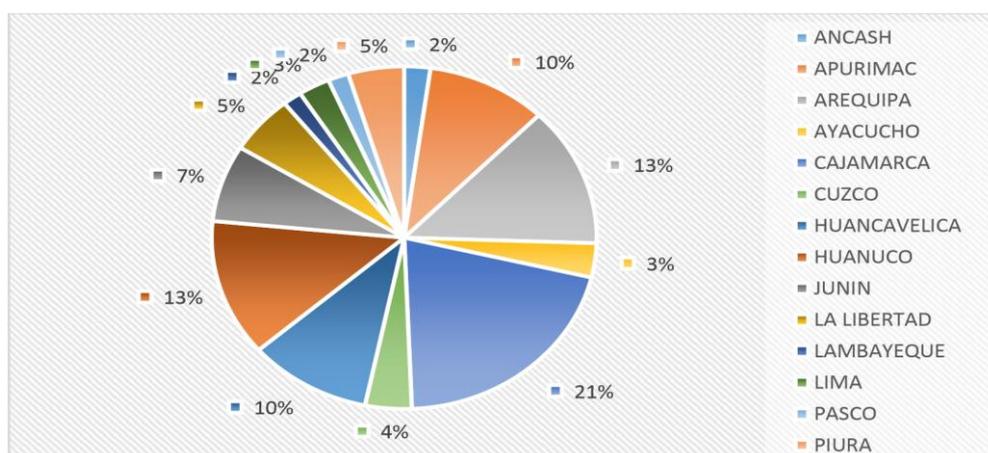


Figura 2. Producción de fríjol por departamentos para el 2013
 FUENTE: MINAGRI, 2015

Los departamentos de Ancash y Lima se consideraron representativos para las condiciones de sierra y costa respectivamente, debido a que permite la evaluación de las líneas avanzadas de la serie MBC (Mid-altitude BCMNV resistant climbing beans) mejoradas por el CIAT en ensayos. La producción de fríjol ha fluctuado para cada departamento en el periodo de 2003-2013 como se observa en la **Figura 3**.

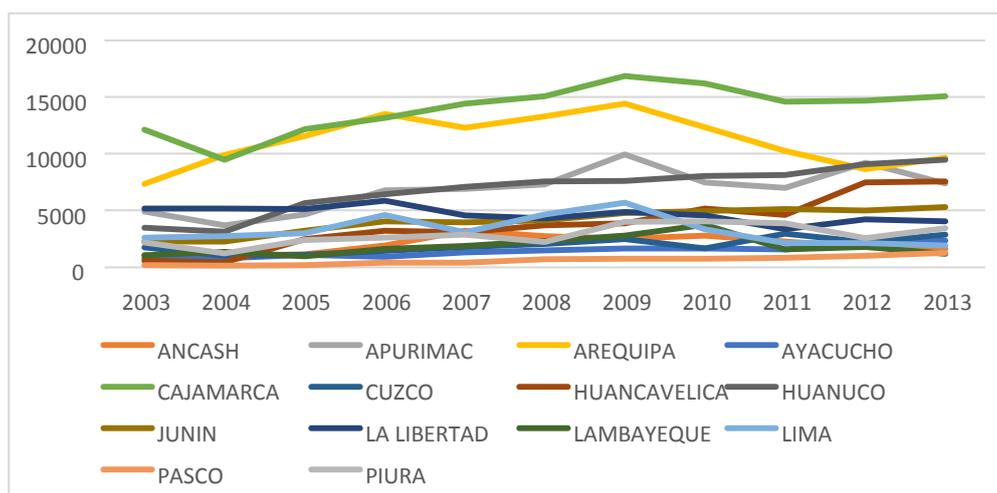


Figura 3. Serie histórica de la producción de fríjol en el Perú (2003-2013)
FUENTE: MINAGRI, 2015

La producción de Cajamarca incrementó desde el 2004 al 2009 en 7 mil toneladas, en Arequipa disminuyó en 5 mil toneladas desde 2009 hasta 2012 e incremento a partir de ese año; en los departamentos de Ancash y Lima el comportamiento ha sido similar al del resto del país.

En cuanto a la superficie cosechada Cajamarca tuvo la mayor área con 19 mil hectáreas, seguido por Huánuco con siete hectáreas y Arequipa con cinco hectáreas, mientras que Ancash y Lima obtuvieron una hectárea cosechada cada uno. El rendimiento promedio fue mayor en Arequipa con 1804 kg/ha, Apurimac (1764 kg/ha), Ancash (1206 kg/ha) y Lima (1915 kg/ha) superiores que la media nacional de 1144 kg/ha y que Cajamarca (814 kg/ha).

El precio del fríjol de grano seco para el año 2013 fue de S/.3.5/kg promedio nacional; sin embargo, en Ancash el fríjol se comercializó a S/.4.7/kg y a S/.5.4/kg en Lima (MINAGRI, 2015). El fríjol canario aparte de ser el sustento económico para muchos agricultores también genera divisas por la comercialización en el extranjero, puesto que se exporta a países como Estados Unidos (59 por ciento), Croacia (16 por ciento), Angola (8 por

ciento), Japón (7 por ciento) y otros (10 por ciento). La exportación de fríjol en el 2014 alcanzó los \$ 866 mil con un promedio de 459 kg/mes a un precio de \$ 1.9 kilo, menor que los \$1.587 mil obtenidos en el 2013 por 656 kg/mes que se exportaron a un precio de \$ 2.4 kilo (Koo, 2015).

2.1.2 Importancia nutricional

El fríjol encabeza actualmente la lista de alimentos que la FAO promueve para combatir el hambre y la desnutrición en el mundo, se ha registrado que el consumo promedio de legumbres alcanza los 10 kg por persona llegando a 25 kg en algunos países y el 87 por ciento de este consumo total le corresponde al fríjol común (FAO, 2009).

El cultivo de fríjol en el Perú es considerado como uno de cultivos de mayor importancia en la producción de alimento básico, siendo su consumo 3 kg/persona/año, lo que representa un consumo diario de 7 gramos, llegando a ser de 4 kg/persona/año en las zonas rurales, es decir 11 gramos diarios de fríjol (INEI, 2012). Sin embargo, se estima que para obtener una significativa proporción de nutrientes esenciales una persona debe consumir 12 kg de fríjol al año (FENALCE, 2009).

Según MINSA (2009) el fríjol es una leguminosa de gran valor alimenticio debido al alto contenido de proteínas (20-22 por ciento), carbohidratos (61 por ciento) y aminoácidos esenciales como la lisina y el triptófano, que son deficientes en cultivos amiláceos como el maíz. En el trabajo realizado por Huamán y Cortez (2001) se demostró que las variedades peruanas de fríjol común: Caballero, Canario, Guinda y Caraota son una buena fuente de proteína (del orden de 21 por ciento) como se muestra en el **Cuadro 1**.

No obstante, poseen una deficiencia en aminoácidos azufrados metionina y cisteína que cubre apenas entre el 70-78 por ciento y 54-60 por ciento de los requerimientos mínimos para adultos y niños respectivamente. Por lo tanto, una proteína de buena calidad nutricional se puede obtener a partir de fríjol como fuente de lisina complementado con cereales fuente de aminoácidos azufrados comparable con la carne, proteína de origen animal (FAO, 1983).

Cuadro 1. Composición nutricional de fríjol caballero, canario, guinda y caraota

Composición (g/100g mtra)	Fríjol Caballero	Fríjol Canario	Fríjol Guinda	Fríjol Caraota	Promedio
Humedad	13.40	13.50	13.00	13.30	13.30
Ceniza	4.30	3.80	3.40	3.50	3.75
Fibra cruda	3.20	3.20	3.40	3.20	3.25
Grasa	1.30	1.90	1.20	1.30	1.42
Proteína (Nx6.25)	20.50	20.00	21.90	23.20	21.40
Carbohidratos	57.30	57.60	57.10	55.50	56.87
Aminoácidos (mg aac/ 100mg proteína)					
Histidina	2.53	2.63	3.00	2.89	2.76
Isoleucina	9.24	9.10	6.00	8.41	8.19
Leucina	7.80	7.59	9.09	6.75	7.81
Lisina	9.23	9.00	8.84	8.43	8.88
Sulfurados*	1.30	1.44	1.59	1.47	1.45
Aromáticos**	6.39	6.45	9.91	6.07	7.20
Treonina	5.41	5.10	4.47	6.03	5.25
Valina	5.99	5.80	6.41	5.63	5.96
Arginina	7.55	6.16	6.36	7.05	6.78

FUENTE: Huamán y Cortez, 2001.

Además del valor nutritivo, el bajo costo del fríjol hace que sea consumido en las naciones más pobres y debido a que es un cultivo sumamente versátil se encuentra presente en todo tipo de platos desde los más tradicionales a los más innovadores (Díaz, 1999; Samaoya, 2010) por lo que constituye una alternativa para elevar el estado de nutrición de la población (Espinoza, 2009).

El beneficio del consumo de fríjol está asociado con una reducción en el riesgo de enfermedades crónicas en los humanos como infarto por la disminución del colesterol y cáncer de colon, próstata y mama; además, por ser un alimento de lenta digestión y bajo índice glicémico su consumo es recomendado para diabéticos, por su alto contenido de hierro es una opción para el 50% de menores de cinco años con deficiencia de hierro que tiene el país (INEI, 2005).

Al respecto, el CIAT está avanzando hacia la obtención de nuevas variedades de fríjol biofortificado, con mayores contenidos de Fe y Zn (FENALCE *et al.*, 2007), que deben ser difundidos para el beneficio de los productores y de esta forma contribuir a la reducción de la anemia en mujeres con edad fértil y la salud, vigor, inteligencia y capacidad productiva

de niños y habitantes del campo de escasos recursos (Pachón *et al.*, 2009; Ramírez y Alarcón, 2009).

Varios factores afectan el potencial nutricional del frijol, los más importantes y serios son: (a) la deficiencia en aminoácidos azufrados metionina y cisteína (Wu *et al.*, 1995) (b) factores termolábiles y tóxicos estables al calor que inhiben el crecimiento y podrían ejercer otros efectos fisiológicos adversos (Nielsen, 1991) y (c) pobre digestibilidad proteica, situación que podría afectar la utilización de sus aminoácidos (Coelho y Sgarbieri, 1995). El poco conocimiento de toda esta problemática y la falta de un adecuado manejo de estas leguminosas durante las etapas de su preparación o procesamiento son las principales causas que limitan la utilización de sus proteínas (Huamán y Cortez, 2001).

2.1.3 Importancia agronómica

La importancia agronómica del frijol radica en su capacidad para asociarse con las bacterias del género *Rhizobium* y fijar el nitrógeno atmosférico. Las bacterias del género *Rhizobium* infectan las raíces de las leguminosas y forman unas estructuras llamadas nódulos donde ambos se benefician de esta relación simbiótica, puesto que la bacteria obtiene energía y un ambiente protegido en la raíz de la leguminosa, mientras que la bacteria convierte el nitrógeno gaseoso de la atmósfera a formas orgánicas de nitrógeno que son aprovechables para las plantas. Bajo la mayoría de las circunstancias, ni la planta, ni la bacteria fijan nitrógeno individualmente. El amonio (NH₃) producido por la bacteria es usado entonces para hacer aminoácidos, los cuales son la base para la síntesis de las proteínas (López, 1986).

Estos beneficios son altamente importantes en países de América tropical, en donde la deficiencia de nitrógeno es uno de los mayores factores limitantes en la producción de cultivos, puesto que a este elemento se debe el 75 por ciento de los aumentos de rendimiento logrados (Danso y Eskew, 1982) y los fertilizantes nitrogenados fuera de ser costosos pueden causar contaminación de suelos y agua (Bohloul *et al.*, 1992).

La asociación *Rhizobium*- leguminosa es responsable de la fijación de por lo menos 35 millones de toneladas de nitrógeno anualmente. Por lo tanto, se ha aceptado que las leguminosas tienen una importancia decisiva en el mejoramiento de las condiciones del

suelo en ladera de la zona andina donde se cultiva el fríjol, pues a estos suelos se les atribuyen deficiencias nutricionales, alta fijación de fósforo y altos grados de acidez a causa de grados de erosión severos (FAO, 1985). Sin embargo, la cantidad de nitrógeno fijado por el fríjol es muy diversa; depende de la variedad, los genotipos tardíos fijan más nitrógeno que los precoces (Graham y Halliday, 1977); de la eficiencia fijadora de la bacteria *Rhizobium*, debido a que la habilidad para formar grandes y abundantes nódulos está controlada por las bacterias fijadoras de nitrógeno (Giller, 1990) y de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Ballesteros y Lozano, 1994).

En fríjol, se reportan intervalos de nitrógeno fijado desde 20 a 115 kg de nitrógeno por hectárea de cosecha, con un porcentaje de nitrógeno tomado de la atmósfera de 37-68 por ciento (Graham y Temple, 1984), 56-78 por ciento (Piha y Munns, 1987), 16-71 por ciento (Duque *et al.*, 1985) y en cepas muy efectivas hasta el 86 por ciento (Ballesteros y Lozano, 1994). Además las plantas que crecen en condiciones de invernadero y en medios de arena libres de nitrógeno pueden fijar entre 200 y 400 mg de nitrógeno por planta (Ramos y Boddey, 1987). Las leguminosas utilizan los productos de la fotosíntesis para suplir a los nódulos de las plantas con energía para la fijación biológica del nitrógeno. Una de las mayores ventajas de la fijación biológica del nitrógeno sobre la fertilización nitrogenada es que la primera es máxima durante el desarrollo de las vainas y los granos, periodo en el cual la aprovechabilidad de nitrógeno del suelo y la absorción por las raíces de la planta está declinando.

La inoculación de granos de leguminosas puede ser benéfica en suelos en los cuales las bacterias específicas están ausentes o muy dispersas, o donde las poblaciones nativas son inefectivas o submáximas en su capacidad de fijación de nitrógeno (López, 1986). Por otro lado, científicos de la Universidad Autónoma de México descifraron la secuencia del genoma de la bacteria *Rhizobium etli*, una Rhizobiácea inocua, huésped de la planta del fríjol, que permitió el desarrollo de biofertilizantes, los cuales mejoran la calidad de los cultivos de fríjol y reducen el uso agrícola de fertilizantes nitrogenados.

En la búsqueda de alternativas que mejoren las condiciones de nutrición de diferentes cultivos con efectos positivos en la salud de las plantas, Corpoica- Colombia ha venido trabajando con las micorrizas vesículo arbusculares (MVA) y bacterias del género *Rhizobium*, consideradas en la actualidad y en el ámbito mundial como biofertilizantes y

bioprotectores para la mayoría de cultivos y fundamentales en los programas de manejo integrado de suelos (Arias *et al.*, 2007).

2.1.4 Sistema de cultivo de frijol voluble

El frijol voluble se siembra principalmente en la sierra del país para optimizar su producción y desarrollo es necesario realizar un tutorado, lo cual puede hacerse mediante el uso de postes y fibra o en asocio con maíz. El empleo de tutores tiene por objeto mantener las plantas erguidas, lo que permite hacer uso económico de un espacio limitado y por otra parte facilita las labores culturales conducidas con tutores los que son colocados antes o después de la emergencia de las plantas (Tejada, 1980).

Villarreal (1980) y Pinchi (2009) indican que el tutorado eleva los costos de producción, pero también aumenta sustancialmente el rendimiento, mejorando la calidad del producto y facilitando la cosecha. La mejora de la cosecha se debe a un mejor control de las plagas y enfermedades ya que las hojas son mejor cubiertas por los pesticidas y los frutos no se encuentran en contacto con el suelo (Giaconi, 1989).

El uso de maíz en asocio con frijol ha constituido un componente fundamental de la economía y viabilidad de los pequeños productores de las regiones andina y centroamericana, las características de este arreglo productivo permiten al agricultor disminuir su vulnerabilidad a factores abióticos, bióticos, económicos y de mercado; mejorar su soberanía y seguridad alimentaria, ser altamente eficiente en el uso de recursos escasos como tierra, mano de obra y monetarios, obtener mayores rendimientos por unidad de tierra en comparación con los monocultivos de maíz o frijol. En el asocio de maíz y frijol la competencia que se presenta entre ellas reduce los rendimientos del frijol en más del 40 por ciento y los de maíz en 20 por ciento, contribuye a la protección y mejoramiento de la agrobiodiversidad *in situ*; disminuye la presión sobre el bosque por no requerir soporte para el frijol, ya que el maíz cumple esta función y disminuye la contaminación por agroquímicos debido a que permite reducir las aplicaciones por el menor ataque de enfermedades, plagas y arvenses (Vélez *et al.*, 2011).

Para tener éxito en el manejo del frijol en asocio con maíz se deben tener en cuenta detalles como el uso de variedades de maíz con características que las hagan aptas para el sistema: capacidad rendidora, tallo resistente, que mantenga su rigidez varios meses después de la

maduración fisiológica, sistema radicular amplio y profundo que proporcione buen anclaje a las plantas y que produzcan un tipo de mazorca y grano de buena aceptación en los mercados.

El asocio requiere, además un manejo agronómico adecuado del maíz para propiciar un desarrollo vigoroso y buen anclaje de las plantas para que puedan soportar la carga del fríjol. Por las ventajas antes analizadas, en la producción con buenas prácticas agrícolas se recomienda emplear el arreglo de fríjol en asocio o en relevo con maíz en lugar de hacer siembras consecutivas de fríjol solo (Arias *et al.*, 2007).

Las condiciones de relieve y clima de las regiones andina y centroamericana, la cultura existente para su cultivo y las características de adaptabilidad de la planta de fríjol voluble, no han permitido el aprovechamiento suficiente del potencial del asocio fríjol-maíz. Las investigaciones que vienen realizando instituciones como el CIAT, CORPOICA, Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Nariño en Colombia, INIAP en Ecuador, INIA y la Universidad Nacional Agraria La Molina en Perú, hacen prever un importante potencial para su expansión en climas medios y cálidos en las regiones tropicales y subtropicales de Latinoamérica y África (CIAT, 1993; Checa y Blair, 2003).

En Cajamarca, sierra norte del Perú, las siembras de fríjol se realizan en más del 95 por ciento de los casos en condiciones de secano, superficies pequeñas no mayores de una hectárea por agricultor. El sistema más común es en asociación con maíz (88 por ciento) donde se prefieren variedades de fríjol voluble tipo Caballero para consumo en seco por sus granos blancos y grandes. Los rendimientos del fríjol en esta región son muy bajos; en promedio 200 kg/ha y la cosecha es principalmente para autoconsumo (Lépiz y Valladolid, 1991). En Cusco, la modalidad de siembra del fríjol más importante es en asociación con maíz (56 por ciento), el fríjol se siembra simultáneamente con el maíz, durante el primer aporque, entre golpes o en “panki”. La siembra del fríjol al primer aporque, recomendación generada por el INIA, es más común en el Valle Sagrado con las variedades mejoradas Blanco Salkantay y Kori Inti.

Con el cambio del método de siembra de fríjol en surcos y con arreglos de siembra de dos granos de maíz y dos de fríjol cada 60 cm, se incrementan los rendimientos de la leguminosa en más de 25 por ciento, sin disminuir significativamente la producción de

maíz. El uso de *Rhizobium* en algunos casos, ha incrementado los rendimientos de fríjol en 22 por ciento y del maíz en 42 por ciento (Lépiz y Valladolid, 1991).

El tutorado influye en variables como la altura de plantas, dado que el fríjol voluble de crecimiento tipo IV indeterminado trepador puede tener de 20 a 30 nudos y alcanzar más de 2m de altura cuando el soporte es adecuado (Ligarreto y Martínez, 2002) y según CIAT (1984) bajo condiciones similares de ambiente, el número de nudos del tallo de un material genótipicamente puro se puede considerar como un carácter de poca variación.

También se ha considerado realizar asocio de fríjol con café, donde el fríjol se siembra a la floración del café. En la región selva del Perú, el área cafetalera presenta características muy promisorias para la expansión del cultivo de fríjol bajo la modalidad de cultivo asociado temporal. Debido a que el manejo de cultivo de fríjol con uso limitado de insumos es una alternativa viable para los agricultores de recursos limitados y es económicamente rentable para renovar plantaciones de café (Vega *et al.*, 2004).

2.1.5 Material genético

2.1.5.1 Líneas avanzadas MBC (Mid-altitude BCMNV resistant climbing beans)

Para la caracterización fenotípica se utilizaron 63 líneas avanzadas MBC que se introdujeron al país en el 2009 por intermediación de la Universidad Nacional Agraria La Molina bajo la iniciativa del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas (PLGO).

Entre los progenitores de las líneas se encuentra la variedad de fríjol Kori Inti que proviene de la línea ZAV 8399 (G-11819 x G-2545 y Liborino x Poroto Sagrado) recibida del CIAT en 1984, liberada en 1989 por la Estación Experimental Andenes-Cusco en Perú, es un fríjol voluble amarillo pequeño precoz, de hábito de crecimiento tipo IV que se desarrolla en los dos tercios inferiores del maíz, característica que evita el volcamiento sin disminuir significativamente sus rendimientos, lo cual hizo posible que la producción del fríjol aumentara en más o menos 5 mil toneladas de grano seco en los valles interandinos de la sierra sur donde tradicionalmente se conducían monocultivos de maíz (Valle Sagrado de los Incas). Kori Inti logró diseminarse a lo largo del Valle Sagrado en Cusco, en asociación con el valioso maíz blanco grande de Urubamba (PROFRIZA, 2000).

Su difusión alcanzó las localidades de Limatambo, Mollepata, Paruro y Acomayo en el departamento de Cusco y Curahuasi, Abancay y Andahuaylas en el departamento de Apurímac, sierra sur del Perú. Esta variedad es resistente a la antracnosis y al añublo de halo, y tolerante a *Ascochyta* (Ortiz y Molina, 1989).

Otros progenitores fueron: la variedad Blanco Salkantay producto de una selección de plantas de hábito IVa, que se liberó en 1985 por la Estación Experimental Mollepata, es un fríjol de grano blanco, más precoz que la variedad Caballero procedente de Cajamarca, fríjol de grano blanco y grande. Fríjol canario Bola, variedad tradicional del Ecuador, con hábito de crecimiento tipo IV de semilla grande (>60g/100 granos) y redonda, variedad que se cultiva en la sierra, asociada con maíz (**Figura 4**) y el fríjol Inyumba originario de Rwanda de hábito de crecimiento tipo IV y grano blanco (Voysset, 2000).



Figura 4. Variedades Blanco Salkantay, Kori Inti y Canario Bola
FUENTE: Voysset, 2000.

Según la definición de los Códigos que identifican las líneas avanzadas del CIAT derivadas de los diferentes proyectos de trabajo y los mejoradores que lo desarrollaron, se tiene que BRB corresponde a fríjoles arbustivos resistentes a raíz negra, BRC fríjoles volubles resistentes a raíz negra (Voysset, 2000), la serie MAC son fríjoles volubles de altura media derivados del cruce entre genotipos arbustivos Durango o Andinos por fríjol voluble Andino con resistencia al calor, la serie MBC son fríjoles volubles de altura media resistentes a *BCMNV* que contienen el gen *bc-3* (CIAT, 2006; Blair *et al.*, 2010).

Además, las series nombradas tienen resistencia a enfermedades fungosas (antracnosis y mancha angular) y virales, específicamente resistencia al virus del mosaico común del fríjol *BCMV* (FONTAGRO, 2004; IICA y FONTAGRO, 2007).

2.1.5.2 Líneas promisorias de fríjol

En los ensayos realizados en la sierra del país (Carhuaz- Ancash) se hizo uso de 18 líneas avanzadas MBC en total, en el **Cuadro 2** se da a conocer características agronómicas de interés para las líneas en estudio.

Cuadro 2. Características de líneas promisorias

Código	Color grano	Brillo grano	Tamaño grano	Días a Floración	Días a Madurez Fisiológica	Rendimiento (kg/ha)
MBC 51	Blanco	Medio	Mediano	47	108	1321
MBC 52	Blanco	Opaco	Pequeño	48	113	1851
MBC 53	Blanco	Medio	Mediano	50	111	1348
MBC 58	Blanco	Brillante	Pequeño	47	110	1822
MBC 60	Blanco	Medio	Mediano	47	120	1389
MBC 61	Blanco	Brillante	Mediano	46	112	1387
MBC 63	Blanco	Brillante	Pequeño	48	116	1583
MBC 76	Blanco	Medio	Mediano	47	111	1394
MBC 80	Blanco	Medio	Mediano	48	109	2124
MBC 87	Amarillo	Brillante	Pequeño	53	116	1764
MBC 95	Amarillo	Brillante	Mediano	49	112	1496
MBC 97	Amarillo	Brillante	Pequeño	48	110	1554
MBC 102	Amarillo	Opaco	Pequeño	51	110	1952
MBC 106	Amarillo	Brillante	Grande	52	109	1393
MBC 108	Amarillo	Brillante	Mediano	51	113	1411
MBC 109	Amarillo	Brillante	Mediano	54	114	1223
MBC 110	Amarillo	Brillante	Grande	52	110	1396
MBC 111	Amarillo	Opaco	Pequeño	53	113	1779

FUENTE: CIAT, 2015

Para el ensayo de fríjol blanco se utilizó el fríjol Blanco Molinero (W-126) como testigo, fríjol de hábito de crecimiento tipo I, con 20gr/100 granos, liberado por la Universidad Nacional Agraria La Molina en 1986 y recomendado para sembrar en la costa central por su alta productividad, resistencia al *BCMV* y a la roya, además de su adaptación a las estaciones frías y de verano (CIAT, 1989). El fríjol canario molinero PLVI 1-3 de hábito de crecimiento tipo III con un peso de 100 granos de 59gr (PLGO, 2014) usado como testigo para el ensayo de fríjol amarillo. Como tutor se utilizó el maíz blanco amiláceo de la zona de Carhuaz.

2.1.5.3 Variedades susceptibles

Para evaluar síntomas de virus se utilizaron las siguientes variedades: fríjol Red Kidney de color rojo claro, forma arriñonada alargada y tamaño grande que se produce y exporta en el Perú (CANDRES, 2015) y es susceptible a virus. Fríjol Bountiful, que hace parte de los diferenciales utilizados para identificar BCMNV y cuando se inocula el virus en las hojas primarias produce lesiones locales cloróticas (Drijfhout et al., 1978) y el fríjol *Phaseolus acutifolius* L. de grano pequeño, hilius redondo, con hojas primarias simples, de base truncada y angostas en la punta que le dan una forma triangular característica que permite diferenciar del *P. vulgaris*, con hábito de crecimiento tipo III (CIAT, 1980).

2.1.6 Virus BCMV y BCMNV

Algunos de los patógenos que restringen la producción de fríjol son los virus del mosaico común (*Bean Common Mosaic Virus*, BCMV) y el virus del mosaico común necrótico (*Bean Common Mosaic Necrosis Virus*, BCMNV) que se encuentran distribuidos en todas las áreas en donde se siembra fríjol y que se transmiten por semilla, polen y áfidos (Morales y Castaño, 2008).

El virus infecta en forma natural a otras leguminosas y experimentalmente, puede infectar a especies de las familias *Aizoaceae*, *Amaranthaceae*, *Chenopodiaceae* y *Solanaceae* (Morales y Bos, 1988). Además el virus BCMV es transmitido en forma no persistente por, al menos, 12 especies de áfidos dentro de los que se destacan *Acyrtosiphon pisi*, *Aphis fabae* y *Myzus persicae* (Drijfhout et al., 1978).

Las plantas afectadas por los virus del mosaico común y mosaico necrótico del fríjol, generalmente no alcanzan su tamaño normal y el número de vainas por planta baja el rendimiento sustancialmente, hasta en un 70 por ciento (CIAT, 2012). Es por esto que el método de control más recomendable es el uso de variedades resistentes, las cuales se obtienen mediante la incorporación combinada de los genes dominantes de hipersensibilidad *I* y los genes de resistencia recesivos (*bc-u*, *bc-1*, *bc-1¹*, *bc-2*, *bc-2²* y *bc-3*) a variedades de fríjol susceptibles a ambos virus (Escoto, 2011).

El virus BCMV fue reportado por primera vez en el Perú atacando fríjol cv. Canario en la Molina, Lima (Gámez *et al.*, 1970). Posteriormente, Drijfhout y Bos (1977) en Holanda hicieron un estudio de un aislamiento colectado en Huallopampa, Lima y determinaron que pertenecía al patotipo II del sistema de clasificación de razas del mosaico común del fríjol (Drijfhout *et al.*, 1978). De acuerdo a Fribourg (2007) se puede afirmar que el BCMV se encuentra ampliamente distribuido en todas las regiones peruanas donde se cultiva fríjol.

Mattos y Fernández (1986) realizaron la caracterización de *strains* del mosaico común del fríjol en la costa central del Perú, donde se determinó que los cuatro aislamientos en estudio pertenecían a este virus en base a sus partículas filamentosas y flexuosas, un tamaño de 750 nm, serología, transmisión por áfidos y granos, sintomatología en cultivares de fríjol y en plantas hospederas. Utilizaron el conjunto de diferenciales establecidos internacionalmente con el propósito de identificar el patotipo al que pertenecían, llegando a la conclusión que se trataba de un nuevo patotipo el VIc.

Por otro lado, Melgarejo *et al.* (2007), estudiaron las cepas del virus del mosaico común fríjol (BCMV) y del virus necrótico del mosaico común del fríjol (BCMNV); la detección se realizó simultáneamente por el tamaño de diferentes amplificaciones de PCR en plantas de pallar (*Phaseolus lunatus*) que mostraron síntomas de deformación por el virus del mosaico común en el Perú. El análisis filogenético parcial de las secuencias de aminoácidos indicó que los aislamientos de BCMV pertenecían a nuevas cepas.

En cuanto a los síntomas del virus, los cultivares muy susceptibles muestran un mosaico rugoso y hojas angostas, alargadas y con los bordes curvados hacia abajo (Conti *et al.*, 2000). Además, la infección temprana induce enanismo y clorosis general en plantas severamente afectadas, las vainas son de menor tamaño y tienen menos granos que las vainas sanas. Los síntomas se manifiestan con mayor claridad a temperaturas de 20-25°C y las infecciones severas pueden causar hasta 54 por ciento y 68 por ciento de pérdidas en el número de vainas y en el rendimiento de semilla, respectivamente (Allen, 1983).

2.2 CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA

Es la determinación de las diferencias peculiares de la planta, de modo que claramente se distinga de las demás; por esto los fitomejoradores necesitan tener caracterizado el material disponible para conseguir características que hagan del fríjol una planta eficiente,

productiva y más útil para la alimentación de la población (Franco e Hidalgo, 2003). Por lo tanto, la caracterización es el primer paso en el mejoramiento de los cultivos y programas de conservación.

Las evaluaciones preliminares de caracterización se realizan utilizando o estableciendo descriptores específicos para cada especie, que puedan identificar o individualizar a cada una de las variedades de acuerdo a su fenotipo. Los ensayos iniciales de evaluación se pueden realizar en ambientes favorables y se sugiere realizar los ensayos en diversas condiciones ambientales porque así pueden mostrarse características útiles (Vieira, 1975).

2.2.1 Características morfológicas de *P. vulgaris*

Las características morfológicas de la planta se agrupan en caracteres constantes que identifican el taxón, es decir, la especie o la variedad; generalmente son de alta heredabilidad y en caracteres variables que reciben la influencia de las condiciones ambientales sobre el genotipo (Camarena *et al.*, 2009). Por lo tanto, las características que permiten identificar a *Phaseolus vulgaris* son las siguientes:

Raíz: Sobre las raíces laterales de la parte superior y media, se desarrollan nódulos que son colonizados con bacterias del género *Rhizobium*, las cuales fijan nitrógeno atmosférico. El sistema radicular es superficial (20 cm de profundidad), tiende a ser fasciculado o fibroso en algunos casos (Ríos y Quirós, 2002).

Tallo: Tiene muchas características utilizadas en la identificación de variedades, dentro de estas se puede mencionar: color, pilosidad, tamaño, número de nudos, carácter de la parte terminal, diámetro, largo de los entrenudos, aptitud para trepar, filotaxia y ángulos de las inserciones de diferentes partes de la planta (Camarena *et al.*, 2010).

Según el hábito de crecimiento, las plantas de fríjol pueden ser de crecimiento determinado o indeterminado. Si al inicio de la fase reproductiva el tallo y las ramas terminan en un racimo, la planta es de hábito determinado; si termina en un meristemo vegetativo, es de hábito indeterminado en éste tipo de plantas el número de nudos es mayor que en las de hábito determinado. Según estudios hechos por el CIAT, se consideró que los hábitos de crecimiento podrían ser agrupados en cuatro tipos principales (**Figura 5**):

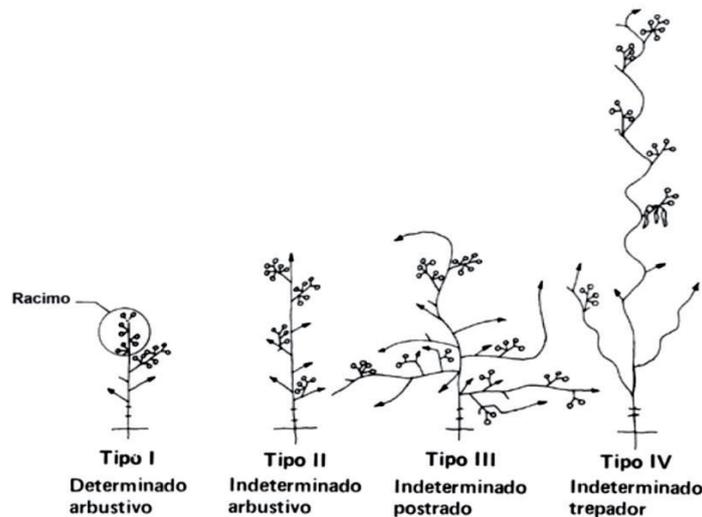


Figura 5. Hábito de crecimiento de fríjol (*P. vulgaris*)
FUENTE: Ríos y Quirós, 2002.

Tipo I Hábito determinado arbustivo: El tallo es fuerte, el número de entrenudos es bajo, 5 a 10 comúnmente cortos. La altura de las plantas puede variar entre 30 y 50 centímetros; también se presenta el caso de plantas enanas, de 15 a 25 centímetros. La etapa de floración es corta y la madurez de todas las vainas ocurre casi al mismo tiempo.

Tipo II Hábito indeterminado arbustivo: Las plantas son erectas sin aptitud para trepar; a pesar de tener pocas ramas, el número de ramas y de nudos es superior al Tipo I (más de 12). Continúan creciendo durante la etapa de floración, aunque a un ritmo menor.

Tipo III Hábito indeterminado postrado: La altura de las plantas es superior a las de Tipo I y II (generalmente mayor de 80 cm) así como el número de nudos de tallo, ramas y la longitud de los entrenudos.

Tipo IV Hábito indeterminado trepador: Son el típico fríjol trepador, este es el tipo de hábito de crecimiento que se encuentra generalmente en la asociación con maíz- fríjol. El tipo IV, según la distribución de las vainas en la planta, se divide en: IVa, cuando las vainas se distribuyen uniformemente a lo largo de la planta y si las vainas se concentran en la parte superior de la planta se denomina IVb.

Ramas y complejos axilares: Las ramas se desarrollan a partir de un complejo de yemas localizado siempre en la axila de una hoja o en la inserción de los cotiledones. Además, puede desarrollar otras estructuras como las inflorescencias lo cual depende del hábito de crecimiento y de la parte de la planta considerada. Los componentes de la ramificación son: el número de ramas y el número de nudos en cada rama (Camarena *et al.*, 2009).

Hojas: Son de dos tipos: hojas simples; las primarias, las compuestas son las trifoliadas (tres folíolos) hojas típicas del fríjol. Los folíolos son enteros; la forma tiende a ser ovalada a triangular, principalmente de forma ovalada, pero sin aurículas; son glabros o subglabros. (Camarena *et al.*, 2009). La variación en cuanto al color y la pilosidad de las hojas está relacionada con la variedad, con la posición de la hoja en la planta, la edad o también con las condiciones ambientales (Camarena *et al.*, 2010).

Inflorescencia: Es un racimo principal compuesto de racimos secundarios, originados de un complejo de tres yemas que se encuentra en las axilas. Las inflorescencias pueden ser laterales o terminales como sucede en las plantas de hábito de crecimiento tipo I. Los botones florales se agrupan en complejos insertados en el raquis formando tríadas, en la axila de cada bráctea. En cada tríada floral las dos yemas laterales producen dos flores visibles, los botones potenciales son 3 y 4, los cuales podrían aparecer en un mismo nivel (Ríos y Quirós, 2002).

Flor: En la base del cáliz hay dos bractéolas verdes, ovoides y multinervias que persisten hasta poco después de la floración. El estandarte es glabro, simétrico con un apéndice ancho y difuso en la cara interna de color blanco, rosado o púrpura. Dos alas cuyo color puede ser variado: blanco, rosado o púrpura. La quilla presenta forma de espiral muy cerrada, es asimétrica y está formada por dos pétalos completamente unidos (Ríos y Quirós, 2002).

Fruto: Es una vaina con dos valvas donde están los granos. La presencia de fibra en las suturas de las dos valvas determina la dehiscencia que puede ser tipo: pergaminoso, coráceo y carnoso. Las vainas son de diversos colores: verde, amarillo, morado, blanco o plateado, uniformes o con rayas, existiendo diferencias entre las vainas maduras y las vainas completamente secas, de acuerdo al estado de madurez de la misma y de la variedad (Ríos y Quirós, 2002 y Camarena *et al.*, 2009).

Semilla: Consta de testa o cubierta, que corresponde a la capa secundaria del óvulo; el hilium, o cicatriz dejada por el funículo, el cual conecta las semilla con la placenta, el micrópilo que es una abertura en la cubierta o corteza de la semilla cerca del hilium, a través de esta abertura se realiza principalmente la absorción de agua y el rafe, proveniente de la soldadura del funículo con los tegumentos externos del óvulo campilótropo. Los granos presentan una amplia variación de color (blanco, rojo, crema, negro, café, etc.) y de forma: cilíndrica, de riñón, esférica, o redonda, elíptica u ovoide y de brillo, la combinación de colores también es muy frecuente. La variabilidad de los caracteres externos de la semilla se tiene en cuenta para la clasificación de las variedades de frijol (Camarena *et al.*, 2010).

2.2.2 Etapas fenológicas del frijol

Las variables fenológicas comprenden el estudio de los organismos y de sus actividades en relación a estaciones del año, en este caso el ciclo biológico del frijol varía según el genotipo y las condiciones ambientales, es decir, que está influenciado por factores climáticos, edáficos y biológicos, que afectan los cambios morfológicos y fisiológicos de las variables días a floración, días a madurez fisiológica y hábito de crecimiento, que experimenta la planta durante el desarrollo (White, 1985).

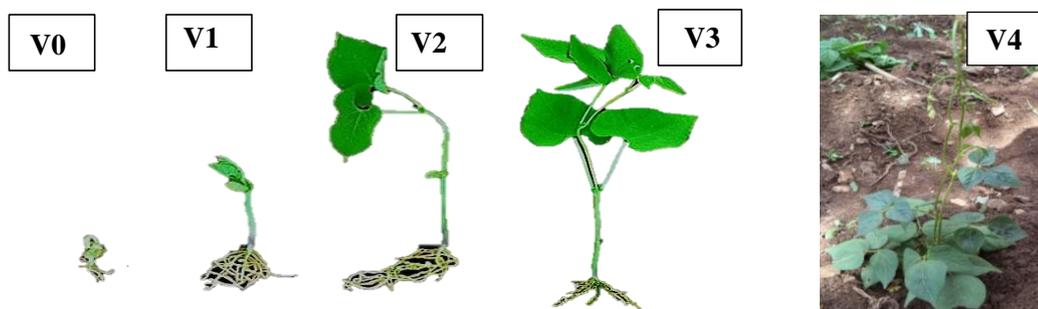
El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) ha establecido una escala para diferenciar las etapas de desarrollo del frijol, basada en la morfología de la planta y en los cambios fisiológicos que suceden durante el desarrollo de la planta de frijol; se han identificado 10 etapas las cuales están delimitadas por eventos fisiológicos importantes los cuales se muestran en la Figura 6.

En el caso del frijol voluble Vélez *et al.* (2007), en su análisis ecofisiológico del asocio de frijol con maíz determinaron la siguiente relación en las etapas de desarrollo del frijol: floración duración de 70 días, formación de vainas 30 días, llenado de vainas 32 días y 158 días a madurez fisiológica.

Según CIAT (1984) en el frijol voluble con hábito de crecimiento tipo IV, la etapa de floración es significativamente más larga que la de los otros hábitos, de tal manera que en la planta se presenta, a un mismo tiempo, la etapa de floración, la formación de las vainas, el llenado de las vainas y la maduración. De acuerdo con White (1985) el frijol es una especie de días cortos, por lo que en días largos causan demoras en la floración y en la

madurez fisiológica, característica indeseable puesto que el campesino pretende sacar su cosecha en menos tiempo y garantizar un buen rendimiento que pueda asegurar su alimentación y solventar los gastos que el cultivo genera.

FASE VEGETATIVA



FASE REPRODUCTIVA

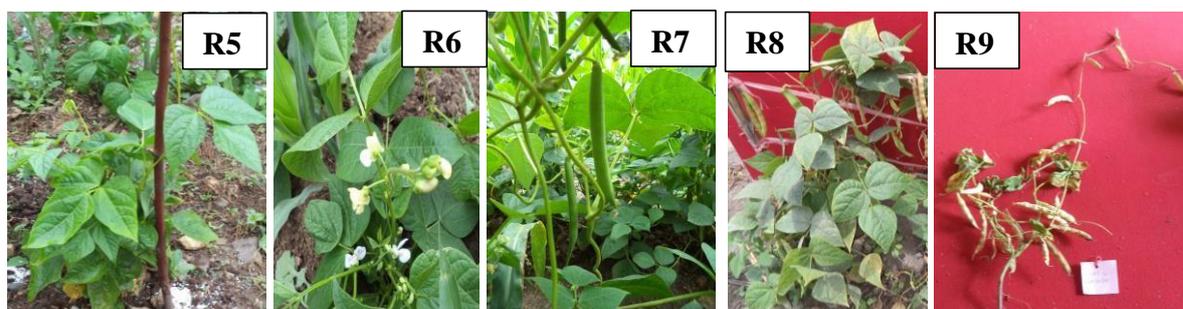


Figura 6. Etapas de desarrollo del frijol *P. vulgaris*. V0: Germinación, V1: Emergencia, V2: Hojas primarias, V3: Primera hoja trifoliada, V4: Tercera hoja trifoliada, R5: Prefloración, R6: Floración, R7: Formación de vainas, R8: Llenado de vainas y R9: Maduración.

2.2.3 Condiciones medio ambientales

Laing (1979), considera la temperatura óptima para el desarrollo del cultivo del frijol esta entre 18°C a 21°C (primavera en costa central). Las temperaturas mínimas que puede soportar el cultivo para su desarrollo normal está relacionado a las diferentes etapas del periodo vegetativo, así se tiene para la germinación 8°C, para la floración 15°C y para la madurez de 18°C a 20°C.

Voyses (1993), observó que cuando más alto es el promedio de la temperatura durante el ciclo de cultivo, los niveles de rendimiento son más bajos. Singh y Chaudhary (1979), sostiene que la caída de flores de frijol está asociada a una alta temperatura y una humedad relativa, dependiendo su variación del estado de la planta. Mack (1969) citado por

Espinoza (2009), señala que el porcentaje de formación de flores, el número y peso de vainas disminuyen, cuando las plantas se someten a altas temperaturas durante la floración, esto ha sido confirmado en pruebas realizadas en invernadero y en el campo, donde los rendimientos se redujeron hasta en un 65 por ciento.

Goodwing (1978) indica que la calidad óptima de los granos se obtiene cuando éstos se desarrollan y maduran bajo condiciones de 21°C o menos. Del Carpio (1983) señala que los requerimientos de riego en fríjol son del orden de los 500 a 700 mm de lámina de agua. Estos volúmenes deben estar uniformemente distribuidos a lo largo del periodo vegetativo; por lo tanto, es importante mantener una buena humedad en el suelo durante el establecimiento del cultivo, en la fase de floración y fructificación.

Salazar (1969) citado por Espinoza (1987) menciona que el efecto del uso del agua por las plantas depende no solo de la cantidad de agua aplicada sino también de la frecuencia de riego que a mayor frecuencia de riego mayor es el número de vainas por planta, granos por vaina, peso de 100 granos y el rendimiento.

Spedding (1979), indica que el índice de área foliar tiene como finalidad conocer el área disponible para la fotosíntesis sin descartar los tallos, pecíolos, vainas e inflorescencias que contribuyen a la fotosíntesis. La luz solar influye como un factor limitante en forma directa sobre el crecimiento, floración y fotosíntesis de la planta y el rendimiento depende de la capacidad de la planta en la actividad fotosintética durante el periodo vegetativo.

2.2.4 Descriptores morfológicos

Un descriptor es una característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar y que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una accesión. Según Querol (1988) los descriptores más utilizados son de: pasaporte, manejo, sitio y medio ambiente, caracterización y evaluación. Los descriptores de caracterización permiten la discriminación fácil entre fenotipos, generalmente son caracteres altamente heredables que pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes (Franco e Hidalgo, 2003).

Existen distintas categorías de datos según la expresión del descriptor; pueden ser cualitativas o cuantitativas; al realizar una caracterización se espera que las características visibles de una especie sean homogéneas, sin embargo en algunos casos no se expresan con

la misma intensidad. A esta diferencia en la expresión del carácter se le llama “estado del descriptor” y se registra mediante escalas de valor (Villarreal, 2013).

La caracterización de la variabilidad detectable visualmente hace referencia a las características de la morfología y la arquitectura de la planta llamadas botánicas-taxonómicas; las características relacionadas con aspectos de manejo agronómico y de producción denominadas morfo-agronómicas y las evaluativas que son las que se expresan como reacción a estímulos del medio ambiente (Franco e Hidalgo, 2003).

Para realizar la caracterización previamente es necesario el conocimiento pleno de la especie y el establecimiento del objetivo de la caracterización. La caracterización se realiza con el fin de medir la variabilidad genética de una colección mediante el uso de descriptores definidos (López *et al.*, 2008). Otros objetivos son el establecimiento de la representatividad de la colección, la investigación de la estructura genética a través de la determinación de poblaciones reconocibles, la identificación de duplicados dentro de una colección y de genes especiales o alelos particulares (Franco e Hidalgo, 2003).

Es necesario también conocer la variabilidad global de la colección mediante una siembra previa la cual permitirá homogeneizar las accesiones de acuerdo con sus morfotipos. Para medir la variabilidad es necesario utilizar descriptores discriminatorios y establecer el experimento con un mínimo de cinco plantas por accesión en lotes homogéneos en dos replicaciones de este modo se obtiene mejor y mayor información en el análisis estadístico (UPOV, 2012).

Un aspecto que reviste importancia en relación con las características morfológicas es saber cuáles son apropiadas para encontrar diferencias y similitudes, ya que ellas tienen un efecto notable en el fenotipo de la planta entera. Goodman y Paterniani (1969) afirman que la selección de éstas se realiza con base en el efecto del ambiente y de su interacción, siendo los caracteres reproductivos los menos influidos, con excepción de los componentes de rendimiento, debido a que hay muchos factores que lo condicionan, como la interacción genotipo por ambiente y el ambiente mismo, lo cual ocurre, también, con la mayoría de los caracteres vegetativos (Ligarreto y Martínez, 2002).

2.2.5 Parámetros descriptivos

La manifestación fenotípica que se describe depende del potencial genético de cada planta y su expresión acorde a los efectos ambientales presentes. El siguiente modelo resume los componentes de un fenotipo:

$$\mathbf{F = G + A + GA}$$

Cuando se considera una población (o variedad) se tiene que el fenotipo de cada planta dependerá de los efectos genéticos (G) y ambientales (A) que lo determinan de manera que al cambiar éstos, los genotipos también cambiarán dando lugar a las variaciones que se observan entre planta y planta. Para describir una variedad, el componente genético o genotipo (G) es el más importante, ya que los efectos ambientales (A) no se transmiten por semilla (Nazario, 1992).

En el caso del fríjol, al ser una planta autógama, es decir plantas de igual genotipo, las variaciones que muestre se deberán principalmente al ambiente. Entre los parámetros descriptivos se deben diferenciar los fijos de los variables (Giraldo, 1973). Los primeros dependen generalmente de uno o pocos genes que determinan una característica de distribución discreta, es decir de fácil diferenciación entre las posibles alternativas fenotípicas, se les llama cualitativos y no son modificados por el medio ambiente.

Mientras que las variables cuantitativas dependen generalmente de un número mayor de genes y se manifiestan en una distribución continua donde aparece un ámbito variable en la expresión fenotípica debida al ambiente (Davis, 1985). Por lo tanto, los caracteres morfológicos se pueden agrupar en caracteres constantes y caracteres variables, los caracteres constantes son aquellos que identifican la especie o la variedad y generalmente son de alta heredabilidad. Los caracteres variables reciben la influencia de las condiciones ambientales y podrán ser considerados como la resultante de la acción del medio ambiente sobre el genotipo (Arias *et al.*, 2007).

2.2.6 Rendimiento y sus componentes

Restrepo y Laing (1979) consideran como componente del rendimiento en el fríjol un conjunto de factores de intervención directa o indirecta y los agrupan como sigue:

- a. Morfológicos: Número de vainas, ramas por planta, granos por vaina y peso seco individual de: tallos, ramas, vainas y semilla.
- b. Fisiológicos: Tamaño y duración del crecimiento foliar, área foliar por unidades de peso y eficiencia de translocación de fotosintatos.

Consideran que los factores morfológicos son los más importantes, mientras que Bruno (1990) citado por Zarate (2000) indica que los componentes de rendimiento se dividen en:

- a. Directos: Número de vaina, vigor y peso de 100 granos.
- b. Indirectos: Precocidad (número de nudos al primer racimo y días a floración), superficie foliar, aptitud de nodulación y resistencia a la sequía o el frío.

Tapia (1987) y Bonilla (1990) mencionan que los granos por vaina es uno de los factores determinantes en el rendimiento, además es influenciado por los caracteres genéticos propios de cada línea ya que es altamente heredable, pero puede presentar variación debido a las condiciones ambientales que existen en cada región. Sin embargo, Silveria (1975) señala que el número de granos por vaina es el componente menos afectado por el medio y por lo tanto debe ser similar con siembras en diferentes épocas.

Otro componente de rendimiento es el número de vainas por planta, según Tapia (1987) es deseable tener más vainas por planta con el fin de incrementar los rendimientos, sin embargo White (1985) señala que el aumento del número de vainas puede reducir el número de granos por vaina.

Existe una serie de factores que pueden afectar el número de vainas en la planta Izquierdo y Hosfield (1981) reportaron la relación que existe entre la cantidad de flores y vainas, en condiciones controladas. Tanaka y Fujita (1979), aseguran que la variable vaina por planta está muy influenciada por el ambiente, ya que en el momento que la floración se presenta el número de flores en la planta puede disminuirse por la acción de factores bióticos, abióticos y mecánicos suprimiendo la producción de vainas por plantas.

El peso de los granos es controlado por un gran número de genes y las causas de variación pueden deberse a la constitución genética y la influencia de las condiciones ambientales; según Barrera y Álvarez (1998). De acuerdo con Camarena et al. (2009), el tamaño del

grano tiene una relación con el peso de 100 granos, clasificando el tamaño de la siguiente forma: pequeño con un peso hasta de 25 gramos, mediano con un peso entre 25 y 40 gramos, grande desde 41 hasta 75 gramos.

Además, Voysest y Desset (1991) mencionan que el tamaño del grano es uno de los caracteres de mayor utilidad en la clasificación del frijol, puesto que determina el grado de aceptabilidad de las variedades por parte del productor y consumidor. Singh (1985) señaló que el peso de 100 granos es un carácter determinado por el tamaño de los granos que a su vez está determinado con largo, ancho y alto del mismo.

Blandón y Arvizú (1992) indican que el rendimiento en el frijol es notoriamente susceptible a muchos factores adversos que pueden disminuir considerablemente la producción puesto que es una característica determinada por el genotipo, la ecología y el manejo de la plantación. Una de las limitantes de rendimiento es la pérdida de las flores como botones cerrados y frutos que caen prematuramente (70 a 80 por ciento) y solo una pequeña parte llega a fruto maduro. De acuerdo con Hernández (1975) los factores genéticos y fisiológicos que determinan el rendimiento y los factores agronómicos están ligados con la eficiencia de la planta.

Vargas (1985) en su estudio sobre el rendimiento y sus componentes en dos ambientes agrupó los caracteres en constantes a aquellos que no sufrieron variación y se manifestaron de igual forma en ambas localidades, éstos fueron: hábito de crecimiento, tipo de ramificación, color de las vainas, color del hipocótilo, color del tallo principal, color de la hoja y color de la flor. Los caracteres variables que sufrieron cambios en cada localidad fueron: días a floración, número de vainas por planta, rendimiento de grano por planta, vigor y longitud del tallo principal o altura.

Robles (1982) concluyó que el rendimiento de grano está asociado significativamente y en forma positiva con días a la floración, altura de planta, población de plantas a la cosecha, peso seco total, índice de cosecha, número de vainas por planta y número de granos por vaina en forma significativa, no así con días a la madurez de cosecha y días a la madurez fisiológica; mientras que se halló una asociación negativa entre rendimiento y peso de 100 granos.

En tanto que Manrique (1980) citado por Espinoza (2009) en su análisis de correlación entre rendimiento de grano y demás componentes encontró que el rendimiento está influenciando fundamentalmente por días a la floración, altura de planta y vainas por planta, mas no así por el número de plantas cosechadas ni peso de 100 granos.

Según Ligarreto y Martínez (2002) las variables cuantitativas con coeficientes de repetibilidad altos ($r > 1$) que se usan para discriminar la similaridad de accesiones de fríjol son: número de nudos, longitud de ápice de las vainas, vainas por planta, días a maduración fisiológica, longitud de vainas y peso de 100 granos.

2.2.7 Métodos estadísticos para la caracterización fitogenética

Según Franco e Hidalgo (2003) después de recolectada la información de la caracterización, se construye una matriz básica de datos (MBD) que es un arreglo en forma de cuadrícula con tantas filas como accesiones existentes (**n**) y una columna para cada variable (**p**).

Los datos se pueden analizar sobre la MBD mediante el empleo de métodos estadísticos de tendencia central y dispersión, así como multivariados, para obtener conclusiones acerca de la variabilidad y la utilidad del germoplasma. Los estadísticos simples más comunes son el promedio, la media, el rango de variación, la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV) utilizados en el análisis de datos cuantitativos. Estos proporcionan una idea general de la variabilidad del germoplasma y permiten detectar datos no esperados y errores de medición.

Las medidas de similitud permiten conocer el grado de asociación entre las **n** accesiones o entre las **p** variables. Las más utilizadas son el índice de similitud y los coeficientes de correlación y distancia. Los métodos multivariados analizan simultáneamente medidas múltiples de cada individuo (Hair *et al.*, 1992), su objetivo principal es permitir la descripción de las accesiones tomando en cuenta simultáneamente varias características sin dejar de considerar la relación existente entre ellas.

Uno de los métodos multivariados es el análisis de componentes principales que determina la estructura de variancia y covariancia que busca transformar las variables observadas en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas; las cuales representan combinaciones lineales de las variables originales (Pla, 1986). Los componentes principales permiten analizar la correlación entre variables, reducir un gran conjunto de variables a otro grupo más pequeño y de sentido biológico, examinar la agrupación taxonómica de individuos y construir índices para agrupar individuos (Onyilagha, 1986). Otro método multivariado es el análisis de conglomerados, el cual permite la conformación de grupos de individuos similares (Johnson y Wichem, 1988).

2.3 ANTECEDENTES

Algunos estudios de interés sobre caracterización y uso de líneas avanzadas se utilizaron como base para el análisis de los resultados obtenidos, entre ellos el trabajo realizado por Aguirre *et al.* (2003) que estudiaron características fenológicas y morfológicas para la caracterización de frijol como número de días hasta la emergencia, de expansión de hojas primarias y tercera hoja trifoliada, número de ramas por planta, diámetro del tallo, número de yemas florales por planta y nudos por rama fueron estadísticamente similares entre y dentro de las muestras silvestres en gran parte debido a las diferencias en el hábito de crecimiento de las dos poblaciones de frijol silvestre provenientes de Chapingo, México. En ese estudio se concluyó que las características morfológicas y agronómicas de las poblaciones de frijol silvestre dependen principalmente del hábito de crecimiento predominante y que bajo diferentes entornos la expresión de estos rasgos puede cambiar.

El estudio de Bracho *et al.* (2010) sobre la fenología de cultivares locales de frijol y arveja tuvo como objetivo la caracterización morfológica y la determinación de su ciclo fenológico en función de los grados días (°C.d) acumulados, para lo cual se evaluaron 19 caracteres entre hoja, flor, fruto y producción, sumados a la acumulación de grados días para cada fase fenológica. Emplearon las planillas de registro recomendadas por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) junto a los descriptores para la especie en estudio. Para la identificación morfológica se demostró la presencia de una gran variabilidad genética dentro de cada característica, existiendo en todas las variables fenométricas diferencias significativas y en las cualitativas: diversidad de formas, colores y tamaños.

Cruz *et al.* (2009) usaron 30 descriptores propuestos por IBPGR (1982) para la caracterización de 24 entradas de ñuña (*P. vulgaris*) proveniente de Bolivia y Perú. No obtuvieron diferencias estadísticas entre las entradas; sin embargo, la línea con mayor rendimiento fue UNALM-18, mientras que Martínez (1991) reportó un rendimiento promedio de 1320 kg/ha de la variedad Qósqo poroto INIA sembrada en asocio con maíz para la localidad de Acco-Huaraz. No hubo agrupamiento de las entradas según el origen geográfico como se esperaba, al igual que en el dendograma elaborado a partir de marcadores moleculares tipo RAPD.

Ríos (2014) evaluó 21 genotipos de líneas avanzadas mejoradas por el CIAT de las series LAS, MAC y MBC de fríjol voluble, el ensayo se llevó a cabo en condiciones de Paipa, Boyacá, Colombia a una altura de 2480 msnm, precipitación media de 966 mm y humedad relativa de 74.9 por ciento. Ella encontró una fluctuación de días a floración de 85 a 132 días después de siembra, días a madurez de cosecha se registraron en un rango de 167 días a 188 días, el número de vainas por planta fluctuó entre 12 y 46, el número de granos por vaina de 2 a 3 y el peso de 100 granos varió de 68-72.1 gramos.

En el trabajo elaborado por Otálora *et al.* (2009) evaluó el comportamiento de 29 cultivares de fríjol reventón tipo ñuña por medio de características agronómicas y de calidad de grano y obtuvieron que las variables que generaron mayor información de las accesiones fueron las de precocidad y rendimiento, seguidas por las relativas a calidad nutricional y porcentaje de expansión; de las variables nominales se destacaron el color de las alas, el color predominante del limbo, el color de las vainas y la forma de la semilla.

Cerón *et al.* (2001) en un estudio de selección de variables, de 24 caracteres cuantitativos evaluados encontraron que los de mayor importancia fueron: número de nudos, longitud de tallo principal (altura), número de vainas por planta, peso de 100 granos, ancho de hojas primarias, días a floración y número de granos por vaina, estos caracteres mostraron la mayor contribución en la cuantificación de la variabilidad genética. Así mismo, para Ligarreto (2003) la mayor variabilidad en fríjol se observó en el peso de 100 granos; longitud de vainas y del ápice de las vainas; número de nudos y vainas por planta, días a madurez fisiológica en fríjol común mesoamericano y andino con base en 23 descriptores cuantitativos evaluados en siete ambientes.

González *et al.* (2007), realizaron la caracterización de 86 accesiones de fríjol pertenecientes al banco de germoplasma del INIA- CENIAP, Maracay, Venezuela, con base a los caracteres asociados al rendimiento las variables de mayor importancia fueron altura de planta, número de vainas por planta y altura a la primera vaina, el análisis de varianza ($p < 0.01$) arrojó diferencias altamente significativas para los caracteres asociados al rendimiento.

El trabajo realizado por López y Ligarreto (2006) donde se evaluaron 10 genotipos promisorios de fríjol voluble bajo condiciones de Bogotá, Colombia a 2556 msnm y humedad relativa del 80 por ciento. Demostró que el carácter número de vainas por planta es el de mayor importancia sobre la determinación del rendimiento, en comparación con los caracteres peso de 100 granos y número de granos por vaina, de acuerdo con el análisis de sendero genético se obtuvo que el verdadero efecto directo de la variable vainas por planta fue enmascarada por factores ambientales sobre la determinación del rendimiento.

Según Ligarreto (2013) en la evaluación de 29 accesiones de fríjol en Corpoica Tibaitata ubicado en Mosquera, Cundinamarca (Colombia) a 2540 msnm, las variables cuantitativas de índole fisiológica que presentan mayor expresión genética son el área foliar (RAF), peso foliar (RPF) y área foliar específica (AFE) que se pueden utilizar potencialmente para la selección de genotipos con mejor eficiencia fotosintética.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

3.1.1 Localización

3.1.1.1 Caracterización fenotípica de líneas avanzadas

Se realizó en el ensayo sembrado en la Costa del departamento de Lima Universidad Agraria La Molina, lote el Guayabo con coordenadas geográficas de 12° 05' 06" Latitud Sur y 76° 56' 40" Longitud Oeste y a una altura de a 241 msnm (Figura 7).



Figura 7. Ubicación lote “El Guayabo” – UNALM
FUENTE: Google Earth (2015)

3.1.1.2 Evaluación agronómica

Los ensayos de rendimiento se establecieron en la sierra del país, en el departamento de Ancash, Provincia de Carhuaz, lote Arhuaypampa (Figura 8) con las siguientes coordenadas: Latitud: 09°16'36" Sur y Longitud: 77°39'01" Oeste a 31.6 Km al norte de la ciudad de Huaraz, sobre los 2.638 msnm (Ruíz, 2003).



Figura 8. Ubicación del lote Arhuaypampa – Carhuaz
FUENTE: Google Earth (2015)

3.1.2 Condiciones de suelo

3.1.2.1 Lote Guayabo (UNALM –Lima)

De acuerdo al análisis de suelo (**Cuadro 3**) el suelo presentó textura Franca favorable para el normal desarrollo del sistema radicular, no hubo problemas de sales ya que su CE (0.35 dS/m) fue bajo, el pH (7.92) moderadamente alcalino.

Cuadro 3. Resultado del análisis de suelo del lote “El Guayabo”

Tipo de Análisis	Resultado	Método	Interpretación
Análisis Físico			
Arena (%)	51	Hidrómetro	
Limo (%)	32	Hidrómetro	
Arcilla (%)	17	Hidrómetro	
Clase Textural			Franco
Análisis Químico			
pH (1:1)	7.92	Potenciómetro	Moderadamente alcalino
CE. (1:1)(dS/m)	0.35	Solubridge	Bajo
CaCO ₃ (%)	1.8	Gasovolumétrico	Medio
M.O	1.07	Walkley y Black	Bajo
P(ppm)	10.7	Olsen Modificado	Medio
K ₂ O(Kg/ha)	176	Extracto Acetato de Amonio	Medio
CIC(meq/100g)	11.2	Extracto Acetato de Amonio	Medio
Ca+2	9.15	Espectrofotometría	
Mg+2	1.4	Espectrofotometría	
K+	0.57	Espectrofotometría	
Na+	0.08	Espectrofotometría	
Al+3	0	Yuan	
H+	0	Yuan	
Saturación de Bases (%)	100		

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelo, Departamento de Suelos y Fertilizantes, Universidad Nacional Agraria la Molina, 2013.

3.1.2.2 Lote Arhuaypampa (Carhuaz- Ancash)

En relación al análisis de suelo (**Cuadro 4**) se determinó que la textura era Franco Arcillo Arenoso (Fr.Ar.A), con un C.E (0.19dS/m) no hubo problemas de salinidad, el pH fue moderadamente ácido, según Chiappe (1992) el pH óptimo para el buen desarrollo de frijol esta entre 5.5 y 7.0, el frijol es altamente sensible a la salinidad del suelo y del agua, sobre todo cuando aparece en forma de cloruro sódico.

Sin contenido de carbonatos, con un nivel bajo de materia orgánica, al igual que el potasio en su forma de K_2O , mientras que el fósforo asimilable (9.1 ppm) tuvo un nivel medio. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 11.2 estuvo a nivel medio con varios cationes retenidos por el coloide cargado negativamente, predominó el catión calcio seguido del magnesio, potasio y sodio.

Cuadro 4. Resultado del análisis de suelo del lote “Arhuaypampa”

Tipo de Análisis	Resultado	Método	Interpretación
Análisis Físico			
Arena (%)	61	Hidrómetro	
Limo (%)	18	Hidrómetro	
Arcilla (%)	21	Hidrómetro	
Clase Textural			Franco Arcilloso Arenoso
Análisis Químico			
pH (1:1)	6.03	Potenciómetro	Moderadamente ácido
CE. (1:1)(dS/m)	0.19	Solubridge	Bajo
CaCO ₃ (%)	0.00	Gas-Volumétrico	Bajo
M.O	1.33	Walkley y Black	Bajo
P(ppm)	9.1	Olsen Modificado	Medio
K ₂ O(Kg/ha)	76	Extracto Acetato de Amonio	Bajo
CIC(meq/100g)	11.2	Extracto Acetato de Amonio	Medio
Ca ⁺²	8.72	Espectrofotometría	
Mg ⁺²	1.07	Espectrofotometría	
K ⁺	1.30	Espectrofotometría	
Na ⁺	0.11	Espectrofotometría	
Al ⁺³	0.00	Yuan	
H ⁺	0.00	Yuan	
Saturación de Bases (%)	100		

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelo, Departamento de Suelos y Fertilizantes, Universidad Nacional Agraria la Molina, 2013.

Las relaciones catiónicas encontradas: Ca/Mg= 8.15, Ca/K=6.71 y Mg/K=0.82 estuvieron dentro del nivel normal. El porcentaje de saturación de bases fue del 100 por ciento con ausencia de iones de aluminio y sodio en cantidades bajas. Por lo tanto, las condiciones físicas y químicas del suelo fueron consideradas aptas para el cultivo de frijol; sin embargo, presentó pedregosidad en los horizontes superiores lo cual dificultó las labores de preparación del terreno.

3.1.3 Condiciones medio ambientales

3.1.3.1 Lote Guayabo (UNALM –Lima)

De manera general el lote presenta las siguientes condiciones climatológicas: temperatura mínima mensual promedio de 16.5 °C y máxima de 22.5 °C, óptima para el crecimiento y floración del frijol, humedad relativa promedio anual de 81 por ciento más alta en julio y agosto (90 por ciento HR), más baja en septiembre (86 por ciento HR) y precipitación total anual de 10 mm (UNALM, 2014). Los datos obtenidos de la Estación Meteorológica desde junio a octubre de 2013, periodo de siembra a cosecha del ensayo se muestra en el **Cuadro 5**.

Cuadro 5. Datos meteorológicos del lote “El Guayabo” de junio a octubre de 2013.

Mes	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)
	Max.	Min.	Promedio	
Junio	20.1	13.5	17.0	88
Julio	17.9	13.3	15.5	90
Agosto	18.6	12.9	15.6	90
Septiembre	20.0	13.5	16.8	86
Octubre	21.3	13.9	17.5	87

FUENTE: Estación Meteorológica Alexander Von Humboldt-UNALM, 2013

3.1.3.2 Lote Arhuaypampa (Carhuaz- Ancash)

Los datos meteorológicos fueron obtenidos de la estación activa más cercana, en este caso la Estación Meteorológica de la provincia de Yungay ubicada a los 9°8'59.7" latitud y 77°45'3.7" longitud, altitud de 2.527 msnm (SENAMHI, 2015). El comportamiento climatológico desde la siembra a la cosecha de los ensayos de rendimiento, (noviembre de 2013 a abril de 2014) se muestra en el **Cuadro 6**:

Cuadro 6. Datos meteorológicos del lote “Arhuaypampa” de noviembre a abril de 2014.

Mes	Temperatura (°C)			Precipitación (mm/mes)
	Max	Min	Promedio	
Noviembre (2013)	24.7	6.5	15.6	14.5
Diciembre	24.9	6.1	15.5	52.2
Enero (2014)	23.2	7.5	15.5	113.1
Febrero	23.1	6.5	14.8	72.5
Marzo	19.2	5.0	12.1	98.6
Abril	24.8	5.6	15.2	23.2

FUENTE: SENAMHI, 2015

Como se observa en el **Cuadro 6**, en el mes de marzo se presentó la menor temperatura promedio con 12°C, periodo en el cual las plantas se encontraban en la etapa de madurez fisiológica. La precipitación mínima fue al momento de la siembra, por lo cual fue necesario utilizar riego, mientras que la precipitación de 0.8mm/día para el mes de abril fue óptima para la cosecha de las líneas.

3.2 MATERIALES

3.2.1 Material vegetal

3.2.1.1 Líneas avanzadas MBC (Mid-altitude BCMNV resistant climbing beans)

En la caracterización fenotípica efectuada en condiciones de costa se utilizaron 63 líneas de frijol voluble que incluyen 35 de grano blanco y 28 de grano amarillo provenientes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e introducidas al país por la Universidad Nacional Agraria La Molina con intermediación del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas (PLGO) en el 2009. El pedigree de las líneas utilizadas se muestra en el **Cuadro 7**.

Cuadro 7. Pedigree de 63 líneas avanzadas MBC

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

FUENTE: CIAT (2015)

La evaluación agronómica realizada en la sierra del país, lote Arhuaypampa, se dividió en dos ensayos cada uno con nueve líneas seleccionadas, el “Ensayo I” para frijol blanco con las líneas: MBC 51, MBC 52, MBC 53, MBC 58, MBC 60, MBC 61, MBC 63, MBC 76, MBC 80 y el testigo Blanco Molinero. El “Ensayo II” para frijol amarillo con las siguientes líneas: MBC 87, MBC 95, MBC 97, MBC 102, MBC 106, MBC 108, MBC 109, MBC 110, MBC 111 y el testigo PLVI 1-3.

3.2.1.2 Variedades susceptibles

Para la evaluación de síntomas de virus se utilizó material susceptible proveniente de invernadero para asegurar su inocuidad, las variedades utilizadas fueron Red Kidney, *Phaseolus acutifolius* y el diferencial Bountiful.

3.2.2 Otros materiales

3.2.2.1 Campo

Se utilizaron herramientas agrícolas para desarrollar las labores culturales tales como: lampas, mochilas de fumigar, machete, tractor con sus aperos (costa), yunta de bueyes (sierra), mangueras de riego, en la costa se utilizó rafia y carrizo para elaborar los tutores, semilla de frijol y maíz (sierra).

Los productos agroquímicos fueron fertilizantes: 20-20-20 y 80-60-50, promotor de crecimiento Horticrop, insecticidas: Lannate, Metamidomor, Cypermex y Cherokee, fungicida- acaricida Kumulus y herbicida Afalón.

3.2.2.2 Evaluación

Para la evaluación de los descriptores se utilizó vernier, cinta métrica, regla, pesa electrónica, cuaderno de campo, lápiz; durante la cosecha se utilizaron bolsas, etiquetas, marcador y rafia para individualizar las plantas por parcela.

3.2.2.3 Invernadero

Se utilizaron maceteros N°. 5, suelo estéril, rafis, vermiculita, tutores, marcador indeleble, etiquetas, semilla de variedades susceptibles Bountiful, Red Kidney y *Phaseolus acutifolius*, regadera, fumigadora manual, insecticida a base de imidacloprid, fungicida a base de benomil. Para la inoculación del virus fueron necesarios el carborundum 400 mesh, mortero, pizeta, papel toalla, agua destilada, jabón en polvo y muestras vegetales con síntomas de virus.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El ensayo agronómico de las líneas seleccionadas para fríjol voluble blanco y amarillo se realizó en las condiciones de Carhuaz, Ancash bajo el diseño de bloques completos al azar DBCA y tres repeticiones para cada ensayo. Se utilizó maíz como tutor y se sembraron surcos de fríjol como efecto de borde. El diseño utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + B_j + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

B_j Efecto del j -ésimo bloque

T_i Efecto del i -ésimo tratamiento

ε_{ij} Efecto del error en el j -ésimo bloque e i -ésimo tratamiento

3.4 DESCRIPTORES EVALUADOS

La caracterización de las líneas introducidas se realizó mediante el uso de 13 caracteres de los 20 descriptores para la evaluación preliminar y 25 de los 37 caracteres para la evaluación adicional del fríjol de la guía para caracterización elaborada por IBPGR (1982) ahora Bioversity International Research para un total de 38 caracteres 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 hiliun) y dos cuantitativos (rendimiento y número de ramas por planta).

3.4.1 Vegetativos

Color clorofílico

- 3 Verde pálido
- 5 Verde
- 7 Verde oscuro

Presencia de antocianinas

- 0 Ausencia
- + Presencia

Forma de hoja: De la tercera hoja trifoliada de la parte terminal de la planta.

- 1 Triangular
- 2 Cuadrangular
- 3 Redonda

Tamaño de hoja: Valor promedio de las medidas largo y el ancho de diez (10) hojas por planta de cada una de las líneas en estudio.

Días a floración: Número de días desde la emergencia hasta que el 50% de las plantas tuvieron racimos florales.

Días a madurez fisiológica: Número de días desde la emergencia hasta que el 50 por ciento de las plantas presentaron un color amarillento e inició la caída de las hojas.

Persistencia de hojas: Cuando el 90 por ciento de las vainas en la parcela estuvieron secas.

- 3 Todas las hojas caídas
- 5 Intermedio
- 7 Todas las hojas persisten

Altura de planta: Media de la altura en centímetros de cinco (5) plantas por surco, desde el inicio del tallo hasta el extremo superior de la planta.

Diámetro de tallo: Se midió a partir del segundo nudo en cinco (5) plantas y se registró el valor promedio.

Número de nudos a la cosecha: Promedio del número de nudos de cinco (5) plantas por surco evaluado.

3.4.2 Inflorescencia y vaina

Tamaño del botón floral: Se tomó los datos de longitud y ancho de cinco (5) botones florales y se registró el valor promedio.

Color estandarte: En flores abiertas recientemente.

- 1 Blanco
- 2 Verde
- 3 Lila
- 4 Blanco con lila al final
- 5 Blanco con rayas rojas
- 6 Lila oscuro con final purpura
- 7 Lila oscuro con puntos purpura
- 8 Rojo carmín
- 9 Purpura

Color de alas del botón: En flores abiertas recientemente.

- 1 Blanco
- 2 Verde
- 3 Lila
- 4 Blanco con rayas carmín

Tamaño de bractéola: Valor promedio de largo y ancho de la bractéola de cinco (5) plantas por parcela.

Forma de bractéola

- 3 Lanceolada
- 5 Intermedia
- 7 Ovalada

Número de racimos florales por planta: Se contó el número de racimos florales de diez (10) plantas por parcela y se registró el valor promedio.

Longitud de inflorescencia: Se midió la longitud de diez (10) plantas de cada surco y se registró el valor promedio.

Longitud de pedicelo: Se tomó la longitud de diez (10) plantas de una misma inflorescencia para cada parcela y se registró el valor promedio.

Posición de las vainas

- 1 Base
- 2 Centro
- 3 Superior
- 4 Combinación de 1, 2 y 3

Tamaño de vainas: Se evaluó largo y ancho de diez (10) vainas y se anotó el valor promedio.

Longitud del ápice de la vaina: Se midió la longitud desde la base de la vaina hacia el ápice en diez (10) vainas, el valor se registró en centímetros.

Sección transversal vaina: Cuando la vaina estuvo totalmente expandida.

- 1 Muy delgada o estrecha
- 2 Forma de pera
- 3 Elíptica redonda
- 4 Figura de ocho

Posición del ápice de la vaina

- 1 Marginal
- 2 No Marginal

Orientación del ápice de la vaina

- 3 Hacia arriba (curvándose al lado dorsal)
- 5 Recto
- 7 Hacia abajo (curvándose al lado ventral)

Color de la vaina

- 1 Morado oscuro
- 2 Rojo carmín
- 3 Verde con rayas moradas
- 4 Verde con rayas carmín
- 5 Verde con rayas rojo pálido
- 6 Rosa oscuro
- 7 Verde normal
- 8 Verde brillante
- 9 Verde mate a gris plateado
- 10 Oro o amarillo oscuro
- 11 Amarillo pálido a blanco

Número de vainas por planta: Se contó las vainas por cada planta y se registró el promedio por parcela estudiada.

Curvatura de la vaina: En vainas inmaduras completamente desarrolladas.

- 3 Recto
- 5 Ligeramente curvado
- 7 Curvado
- 9 Recurvado

Sutura de vaina

- 0 Sin hilachas
- 3 Poco hilachosa
- 5 Moderadamente hilachosa
- 7 Muy hilachosa

Fibra de vaina

- 3 Fuertemente contraída
- 5 Corácea
- 7 Excesivamente suelta

Número de lóculos por vaina: Se contó en diez (10) vainas al azar y se anotó el valor promedio.

3.4.3 Semilla

Número de granos por vaina: De cada planta de las parcelas se tomó diez (10) vainas al azar obteniendo el valor promedio.

Peso de 100 granos: De la cosecha obtenida de cada parcela neta se contó tres (3) veces 100 granos aleatoriamente, se registró el peso promedio en gramos.

Tamaño de grano: Se midió el largo, ancho y grosor de los granos de cinco (5) vainas, en milímetros y se anotó el valor promedio.

Color de grano

- 1 Negro
- 2 Café claro a oscuro
- 3 Marrón
- 4 Gris pardusco a verduzco
- 5 Amarillo verduzco a amarillento
- 6 Crema pálido a amarillo
- 7 Blanco puro
- 8 Blancuzco
- 9 Blanco teñido de purpura
- 10 Verde clorofila
- 11 Verde olivo
- 12 Rojo
- 13 Rosado
- 14 Morado

Brillo de grano

- 3 Opaco
- 5 Intermedio
- 7 Brillante

Forma de grano: Los granos evaluados se tomaron de la parte media de la vaina.

- 1 Redondo
- 2 Ovalado
- 3 Cuboide
- 4 Arriñonado
- 5 Truncado

3.4.4 Otros caracteres evaluados

Vigor: La evaluación se hizo cuando las plantas alcanzaron su máximo desarrollo etapa R5, teniendo en cuenta el efecto que ejerce el hábito de crecimiento en el vigor de la planta.

- 1 Excelente
- 3 Buena
- 5 Intermedia
- 7 Pobre
- 9 Muy pobre (CIAT, 1987)

Número de ramas por planta: Promedio del número de ramas de diez (10) plantas por surco.

Color Hilium

- 1 Blanco
- 2 Crema
- 3 Amarillo
- 4 Marrón
- 5 Blanco con halo marrón
- 6 Blanco con halo gris

Rendimiento del grano: Se pesó en gramos los granos obtenidos de cada parcela neta.

3.5 ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de las 63 líneas avanzadas de frijol incluyó variables cualitativas que se organizaron en una matriz de base de datos (MBD) que se analizaron según las estadísticas

descriptivas de frecuencia y moda, para las variables cuantitativas se utilizó la media, desviación estándar y rango; los análisis se llevaron a cabo usando el programa InfoStat (Franco e Hidalgo, 2003).

Los datos de las variables de respuesta de la evaluación agronómica se procesaron con el programa SAS versión. 9.0 (Statistical Analysis System), los análisis de varianza obtenidos para cada variable fueron analizados y para aquellas que hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) se realizó una prueba de Duncan.

La correlación existente entre las variables se analizó utilizando el coeficiente de Pearson para elaborar la matriz de correlación se usó el programa Infostat versión 2013. Con el coeficiente de Spearman se elaboraron los “var *clusters*” para cada uno de los ensayos agronómicos mediante el programa R versión 3.1.0.

Los componentes principales se obtuvieron utilizando el programa Infostat versión 2013 haciendo uso de las variables cualitativas jerárquicas y las variables cuantitativas en estudio, por último se realizó un análisis de agrupamiento (*cluster analysis*) con el programa Infostat usando el ligamiento promedio (UPGMA) y la distancia euclidiana entre unidades taxonómicas operativas (OTUs), el cual brinda información sobre la cercanía y disimilaridad entre las líneas.

3.6 METODOLOGÍA

3.6.1 Caracterización de 63 líneas avanzadas en La Molina, Lima

La instalación del ensayo en el lote el Guayabo se realizó en junio de 2013 mediante la limpieza del terreno de forma mecánica, preparación del terreno que consistió en dos aradas y una surcada con tractor. La siembra de las líneas se efectuó en parcelas de observación, los surcos tuvieron una longitud de 2m de largo, distancia entre plantas de 0.4m, entre surcos de 0.7m y 3 granos/golpe, para un total de 15 granos por surco y para cada una de las 63 líneas. Se utilizó un tutor fabricado con carrizo y rafia.

El riego se hizo bajo el sistema de inundación efectuando uno antes de la siembra y a partir de ello cada mes hasta la etapa de madurez fisiológica. Se utilizó el fertilizante compuesto 20-20-20 en dosis de 8 gramos por golpe, como promotor de crecimiento Horticrop

(extracto de algas marinas *Ascophyllum nodosum*) en dosis de 50 cc/bomba de 20 Lt aplicadas durante floración, formación de vainas y llenado de grano.

En cuanto el manejo fitosanitario, se hizo mediante el uso de agroquímicos; insecticidas Lannate (20gr/bomba), Metamidomor (80cc/bomba) y Cypermex (30cc/bomba) y fungicida- acaricida Kumulus en dosis de 100 cc/bomba. Se hicieron tres deshierbes durante todo el ciclo del cultivo dos de ellos manuales y uno utilizando Afalón en dosis de 100cc/bomba.

Por último, la cosecha se realizó a los 165 días después de la siembra durante una semana, puesto que hubo líneas más tardías; consistió en cosechar parcelas individuales e identificarlas con etiquetas, para trasladarlas al Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas (PLGO)- UNALM donde se evaluó el material. Cabe resaltar que durante el ciclo del cultivo se realizaron las evaluaciones descritas en el numeral 3.4 de este documento.

3.6.2 Evaluación agronómica de líneas promisorias en Carhuaz- Ancash

La instalación del experimento en el lote Arhuaypampa se hizo en dos ensayos I y II de frijol blanco y amarillo respectivamente (**Figura 9**).



Figura 9. Ensayos de rendimiento sembrados en Carhuaz- Ancash.
a. Ensayo para frijón blanco, b. Ensayo para frijón amarillo

La preparación del terreno consistió en una arada y surcada con uso de herramientas de tracción animal (yunta de bueyes). La siembra se efectuó el 28 de noviembre de 2013 donde se sembró maíz amiláceo de la zona como tutor dos granos por golpe y fríjol 3 granos/golpe en dos surcos por cada línea avanzada, con surcos de 4m de largo y una distancia entre plantas de 0.4 m y 0.7 m entre surcos.

El suministro de agua se realizó cada 15 días desde la siembra hasta la etapa de madurez fisiológica. La fertilización se fraccionó en dos épocas: inicial con urea en dosis de 20 gramos por surco y después de un mes con el fertilizante compuesto 80-60-50 con dosis de 8 gramos por planta.

El manejo fitosanitario se hizo únicamente para insectos utilizando el producto Cherokee (Fipronil) en dosis de 30cc/mochila, puesto que en los ensayos de rendimiento se realizó la evaluación de enfermedades propuesto por la guía del CIAT (1987), los deshierbes fueron manuales. Por último, la cosecha se llevó a cabo a los 177 días después de la siembra, cada parcela por bloque fue cosechada de manera individual y etiquetada para diferenciarla en el momento de la evaluación. Durante el ciclo del cultivo se evaluaron las líneas de acuerdo a los descriptores del IBPGR (1982) que se encuentran descritos en el numeral 3.4 de este documento.

3.6.3 Evaluación de síntomas de virus en campo

Se evaluó la presencia de síntomas en las líneas avanzadas seleccionadas tanto para fríjol blanco como para fríjol amarillo para el virus del mosaico común de acuerdo a la escala general para enfermedades virales del CIAT (1987) la cual se presenta en el **Cuadro 8**.

Cuadro 8. Evaluación de síntomas de virus en fríjol

Calificación	Síntomas	Severidad (%)	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: Modificado de CIAT (1987)

En invernadero se hizo el análisis de síntomas y se multiplicó el inóculo de muestras con síntomas de virus provenientes de diferentes zonas del país entre ellas: Ica, La Molina (Lima), Huaraz, Camaná (Arequipa), Huaral, Pachacamac, Chimbote y Ocucaje (Ica). La multiplicación del inóculo se llevó a cabo utilizando las variedades susceptibles a virus Red Kidney, Bountiful y *Phaseolus acutifolius*.

En maceteros se sembraron 3 granos de cada variedad en una mezcla de suelo agrícola, arena y vermiculita (2:1:0.5). Cuando las plantas tuvieron las hojas primarias extendidas (aproximadamente diez días después de la siembra) se procedió a hacer la inoculación para lo cual se tomaron secciones de hojas de frijol con síntomas típicos de la enfermedad (mosaicos y ampolladuras), se maceraron en un mortero utilizando buffer fosfato de sodio 0.01 M, pH 7.0 y se procedió a frotar el jugo sobre las hojas espolvoreadas previamente con carborundum de 400 mesh usado como abrasivo (**Figura 10**). Las plantas se mantuvieron a temperaturas de 18 a 24 °C, durante la evaluación de síntomas.

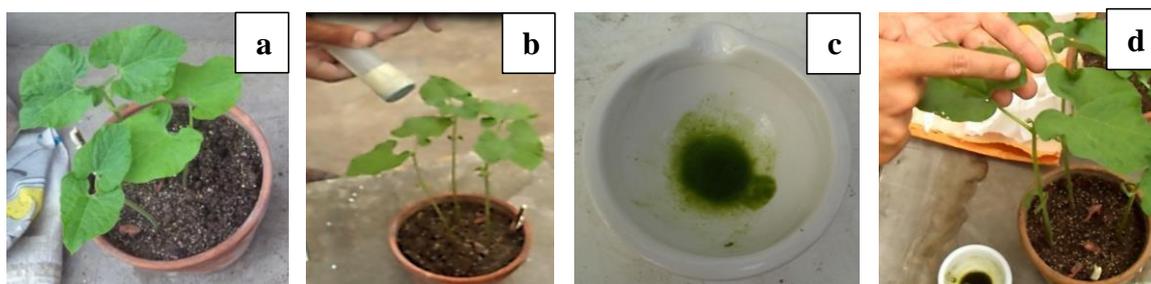


Figura 10. Metodología de inoculación de virus

- a. Plantas de Bountiful, b. Aplicación de carborundum, c. Muestras de virus maceradas, d. Aplicación de jugo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LÍNEAS AVANZADAS

En este ensayo se utilizaron 63 líneas avanzadas de las cuales ocho (MBC 55, 59, 71, 77, 79, 85, 101 y 104); no germinaron bajo las condiciones de la UNALM- Lima 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 a factores externos como el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz (Russo *et al.*, 2010); además de la incidencia de plagas y enfermedades.

4.1.1 Variables cualitativas

Los caracteres cualitativos son más confiables que los cuantitativos porque tienen una distribución discreta, mínimas modificaciones por el medio ambiente y se encuentran determinados por pocos genes (Giraldo, 1973; CIAT, 1983); por tal razón se utilizaron 20 descriptores cualitativos para realizar la caracterización de las líneas avanzadas. Los resultados de la evaluación se presentan en el **Cuadro 9**.

Cuadro 9. Variables cualitativas con su correspondiente prueba estadística

Variable	Características Predominantes	Frec.	Moda	Porc. %
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

Continua

Posición del ápice	Marginal	46	1	84
	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
	Moderadamente hilachosa	9	5	16
Fibra de la vaina	Corácea	35	5	64
	Fuertemente contraída	13	3	24
	Excesivamente suelta	7	7	13
Vigor de la planta	Pobre	17	7	31
	Buena	5	3	9
	Excelente	9	1	17
	Intermedia	16	5	29
	Muy pobre	8	9	15

Según los resultados mostrados en el **Cuadro 9** se determinó que los caracteres cualitativos con mayor frecuencia entre las líneas fueron la forma de hoja triangular (62 por ciento), color de alas blanco (96 por ciento), estandarte color blanco (71 por ciento), posición marginal de ápice (84 por ciento), color amarillo oro u oscuro de la vaina (60 por ciento), vainas coráceas (64 por ciento), vainas ligeramente curvadas (66 por ciento) y granos ovalados (64 por ciento), como se muestra en la **Figura 11**. Aunque también hubieron estados de descriptor con baja frecuencia como vainas curvas (9 por ciento), hiliun color amarillo (7 por ciento), grano truncado (11 por ciento), vainas excesivamente sueltas (13 por ciento) y un buen vigor de planta (9 por ciento).

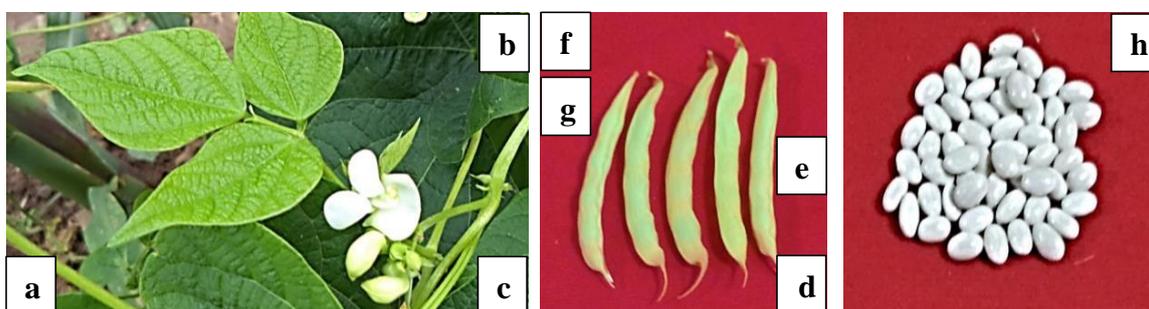


Figura 11. Caracteres cualitativos predominantes

- a. Forma de hoja, b. Color de alas, c. Color de estandarte, d. Posición de ápice, e. Color de vaina, f. Fibra de vaina, g. Curvatura de vaina, h. Forma de grano.

Algunas líneas presentaron características muy particulares que permitieron diferenciarlas entre sí, como por ejemplo: forma de hoja cuadrangular (MBC90, MBC 92), alas lila (MBC 61, MBC 68), vainas en el centro de la planta (MBC 107) o en la parte superior (MBC 93), vaina de color verde con raya morada (MBC 96, MBC 111), rosada oscuro (MBC 83, MBC 94), verde brillante (MBC 86, MBC 107), verde normal (MBC 54), verde mate a verde plata (MBC 57), hiliun blanco con halo gris (MBC 52), blanco con halo marrón (MBC 95, MBC 105), granos color marrón (MBC 84, MBC 87, MBC 111), marrón pálido a oscuro (MBC 88), gris marrón a verde (MBC 86, MBC 99, MBC 108), blanco puro (MBC 65, MBC 80) y grano de forma cuboide (MBC 49, MBC 57, MBC 91). Los resultados obtenidos discriminados por línea en estudio se encuentran en el **Anexo I**.

Entre las variables de interés agronómico, la distribución de las vainas en toda la planta es de gran importancia porque existe una mayor probabilidad de obtener un alto número de vainas y que la planta exprese su potencial en la producción de grano debido a que las

vainas que se encuentran en la parte media y superior de la planta pueden tener un desarrollo óptimo de longitud y llenado de grano, además que su posición evita el contacto con el suelo y por ende los problemas fitosanitarios que eso conduce. Sin embargo, esta característica deseable solo se observó en el 45 por ciento de las líneas en estudio.

El vigor de la planta también es un carácter de interés, para esta variable se obtuvo que el 17 por ciento de las líneas tuvieron un vigor excelente seguido por el 29 por ciento de líneas con un vigor intermedio entre pobre y bueno, sin embargo el vigor pobre se obtuvo en el 31 por ciento de las líneas, valor mucho mayor que en los estados de preferencia como se muestra en la **Figura 12**. En concordancia con Hernández (1975) las características genéticas y fisiológicas que componen el rendimiento y los factores agronómicos están ligados a la eficiencia de la planta, por lo tanto el vigor de una planta repercute en la producción de grano y por eso es deseable que la planta tenga un vigor de bueno a excelente.



Figura 12. Vigor de planta.

a. Excelente, b Bueno, c. Intermedio, d. Pobre.

La curvatura de la vaina es otro carácter de interés, puesto que las vainas erguidas (26 por ciento) permiten un mejor desarrollo del grano obteniendo así un mayor número de granos por vaina y calidad con tamaño óptimo, todo esto se traduce en producción por planta. Por otro lado, la importancia de los caracteres sutura y fibra de vaina radica en que permiten conocer la dehiscencia de las vainas, para estas características se obtuvo que el 46 por ciento de las líneas tuvieron sutura sin hilachas, por lo tanto se clasifican como tipo carnoso o no fibroso, es decir, la vaina es casi indehiscente, las valvas no poseen fibra y se pueden consumir como habichuelas, ya que no presenta separación de las valvas a lo largo de las suturas.

Mientras que el 16 por ciento de las líneas presentaron suturas moderadamente hilachosas lo cual las clasifica dentro del tipo de textura pergaminosa que posee una fuerte dehiscencia en la maduración, por lo cual se recomiendan para cosecha de granos secos (CIAT, 1984). Por último, referente al color de grano se obtuvo una gran variación permitiendo clasificar las líneas por clases comerciales como se indica en el **Cuadro 10**.

Cuadro 10. Clase comercial a la que pertenecen las líneas en estudio según el color de grano.

Clase comercial	Color	Líneas
Canario	Amarillo	MBC 90-95, MBC 97-98, MBC100, MBC 102-103, MBC 106- 107, MBC 109 -110.
Blanco	Blanco puro	MBC 65 y MBC 80
Panamito	Blancuzco	MBC 49-54 MBC 56-58, MBC 60-64, MBC 66-70, MBC 72-76, MBC 78, MBC 81-83
Bayo	Crema	MBC 89, 96, 105
Pardo	Gris parduzco	MBC 86, 99, 108
Pinto	Marrón	MBC 84, 87, 88 y 111

FUENTE: Adaptado de Voysest, 2000.

Como se observa en el **Cuadro 10** las líneas se agruparon en su mayoría en blancos tipo panamito y amarillos tipo canario (**Figura 13**). Sin embargo, las líneas que presentaron otro color de grano tuvieron características agronómicas de interés, por lo cual se siguieron evaluando y seleccionando con el ánimo de identificar las líneas promisorias.



Figura 13. Tonos en el color de grano

a. Blanco, b. Panamito, c. Bayo, d. Canario, e. Pardo, f. Pinto.

4.1.2 Variables cuantitativas

Estos caracteres generalmente tienen una distribución continua, están influenciados por varios genes y tienen un gran efecto ambiental a diferencia de las variables cualitativas (Davis, 1985). Las variables se analizaron con las estadísticas descriptivas como se muestra en el **Cuadro 11**.

Cuadro 11. Variables cuantitativas evaluadas con su correspondiente prueba estadística.

Variable	Media	Desviación Estándar	Coefficiente de variación (%)	Mín.	Máx.
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	0.43	0.08	19.10	0.27	0.64
Ancho de la hoja	60.80	1.27	18.80	3.90	11.00
Longitud de la hoja	9.50	1.56	16.30	5.40	13.80
Longitud del botón floral	0.80	0.27	33.90	0.40	2.40
Ancho del botón floral	0.40	0.11	26.10	0.20	0.70
Longitud de la inflorescencia	7.20	4.57	63.10	1.30	20.40
Longitud del pedicelo	0.70	0.36	50.00	0.23	1.90
Longitud de la bractéola	0.60	0.23	40.60	0.10	1.40
Ancho de la bractéola	0.40	0.16	44.20	0.20	0.90
Longitud del ápice	1.50	0.63	43.40	0.00	3.20
Longitud de la vaina	11.50	2.04	17.80	7.20	21.00
Ancho de la vaina	1.20	0.18	15.30	0.85	1.80
Longitud del grano	1.40	0.14	10.40	1.07	1.70
Ancho del grano	0.80	0.08	9.30	0.65	1.00
Grosor del grano	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 (gr)	55.80	14.50	26.00	7.70	97.85
Rendimiento por planta (gr/plt)	10.30	4.08	39.59	0.93	15.89

Se puede observar que las variables con mayor coeficiente de variación fueron la longitud de inflorescencia (63 por ciento), longitud de pedicelo (50 por ciento), número de racimos por planta (75 por ciento) y número de vainas por planta (65 por ciento), todas ellas relacionadas con la capacidad productiva de la planta. Mientras que las variables de días a madurez fisiológica, ancho de vaina, ancho de grano y alto de grano presentaron los menores valores para el coeficiente de variación con 4.5, 10.4, 9.3 y 10.8 por ciento respectivamente. Entre las variables cuantitativas de interés agronómico están los días a

madurez fisiológica con un rango de variación desde 126 días obtenido por MBC 76 hasta 153 días obtenido por MBC 87 y de manera general el comportamiento de las líneas fue de 137 días promedio menor a lo obtenido por Vélez et al. (2007) con 158 días para frijol voluble y que según Enríquez (1977) es producto del efecto génico de cada material. La altura tuvo un rango de variación desde 0.19 m la planta más baja (MBC 98) por atrofia en el ápice debido al ataque de plagas y la incidencia de enfermedades; hasta una altura de 2.90m de la línea MBC 67, para esta variable el promedio fue de 1.30m. Las diferencias de altura en cada uno de los genotipos se relacionaron con la variación de la longitud de los entrenudos debido a las acciones génicas y ambientales que determinan el carácter como lo indica Davis (1985).

Otro carácter de importancia agronómica fue el tamaño de la vaina que se relaciona directamente con el número de granos; la longitud de vaina fluctuó en un rango de 7.2 cm a 21 cm, donde la línea MBC 52 obtuvo el valor más bajo y la línea MBC 105 el valor más alto; el ancho de vaina varió entre 8.5mm a 18mm observados en las líneas MBC 54 y MBC 96 respectivamente. Los resultados promedios obtenidos para las líneas en estudio fueron 11.5cm de longitud y 12 mm de ancho de vaina, valores mayores a los encontrados por Vallejos y Martínez (2005) de 9cm de largo y 9mm de ancho. Según Restrepo y Laing (1979) los componentes de rendimiento de tipo morfológico son el número de vainas por planta, ramas por planta y granos por vaina. De acuerdo a Bruno (1990) citado por Zarate (2000) los componentes directos son número de vainas, peso de 100 granos y el vigor e indirectos el número de nudos y días a floración. Estas variables se detallan a continuación.

El número de nudos por planta varió entre 7 y 22 con un valor promedio de 13. El valor más bajo de nudos fue observado en las líneas MBC 93 y MBC 94, el más alto valor se observó en las líneas MBC 69, MBC 70 y MBC 90, de acuerdo con Davis (1985), este carácter define la altura de la planta. El número de vainas por planta obtuvo un valor promedio de 19, esta variable fluctuó en un rango amplio que fue desde 2 a 76. La línea con menor producción de vainas fue la línea MBC 98 y la línea promisoras con mayor número de vainas fue MBC 111. Según Tapia (1987) con un mayor número de vainas se obtiene un mayor rendimiento, sin embargo puede disminuir el número de granos por vaina (White, 1985). El carácter granos por vaina se relacionó con el número de lóculos con un promedio de 4 lóculos y granos, ambas variables oscilaron en un rango de 2 a 6, la línea MBC 81 con 2 lóculos y granos por vaina, las líneas MBC 57, MBC 87 y MBC 105

tuvieron 6 lóculos y 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.

El peso de 100 granos tuvo un valor promedio de 55.8 gramos con un rango de 7.7 gr y 97.85 gr, resultados obtenidos por las líneas MBC 66 y MBC 82 respectivamente. Como indica Bidwell (1979) este carácter se encuentra condicionado por el traslado de los nutrientes de la planta a la semilla durante la fase vegetativa de la planta, por lo tanto depende directamente del vigor y la sanidad que presente la planta durante esa fase. Barrera y Álvarez (1998) menciona que está controlado por muchos genes y su variación se debe a la constitución genética y a los factores ambientales. Además es un carácter determinado por el tamaño de los granos, que a su vez depende del largo, ancho y grosor del mismo como lo afirma Singh (1985).

El tamaño de los granos fue evaluado en sus tres dimensiones: largo, ancho y grosor. Los resultados observados en longitud fueron de baja variación con 1.4 cm en promedio y un rango que varió entre 1.07 cm y 1.70 cm encontrado en las líneas MBC 50 y MBC 105 respectivamente. El ancho del grano tuvo un valor promedio de 0.8 cm y un rango de 0.65 cm a 1.0 cm identificado en las líneas MBC 106 y MBC 100 correspondientemente y el grosor del grano promedio de 0.65 cm con rango de variación entre 0.5 cm y 0.83 cm encontrado en las líneas MBC 88 y MBC 62 respectivamente; de acuerdo a lo indicado por Camarena *et al.* (2009) con un peso de 100 granos de 55.8 gr, se trata de granos de tamaño grande y de acuerdo a Voysest y Desset (1991) el tamaño de grano define el grado de aceptabilidad de los productores y consumidores de frijol, que en este caso el tamaño grande de grano es de preferencia para los frijoles tipo canario.

Por último, el rendimiento de grano seco tuvo un coeficiente de variación de 39.59 por ciento con un rango que va desde 0.93 gr/planta a 15.89 gr/planta encontrado en las líneas MBC 98 y MBC 54, mientras que el valor promedio fue de 10.30 gr/planta. La gran variación encontrada en las líneas puede deberse a que 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/ planta, vainas/planta, granos por vaina y el peso de la semilla, caracteres que a su vez se encuentran afectados por las condiciones medio

ambientales y según Blandón y Arvizú (1992) las disminuciones en el rendimiento pueden deberse a la pérdida de flores en orden del 70 al 80 por ciento, lo cual disminuye el número de vainas formadas y por ende el rendimiento obtenido.

De acuerdo con los resultados obtenidos (véase **Anexo II**) se realizó el análisis de conglomerados para determinar grupos sin encontrar similitudes entre muchas líneas como se muestra en la **Figura 14**, en donde se determinaron 34 grupos a una distancia euclidiana de 5 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.

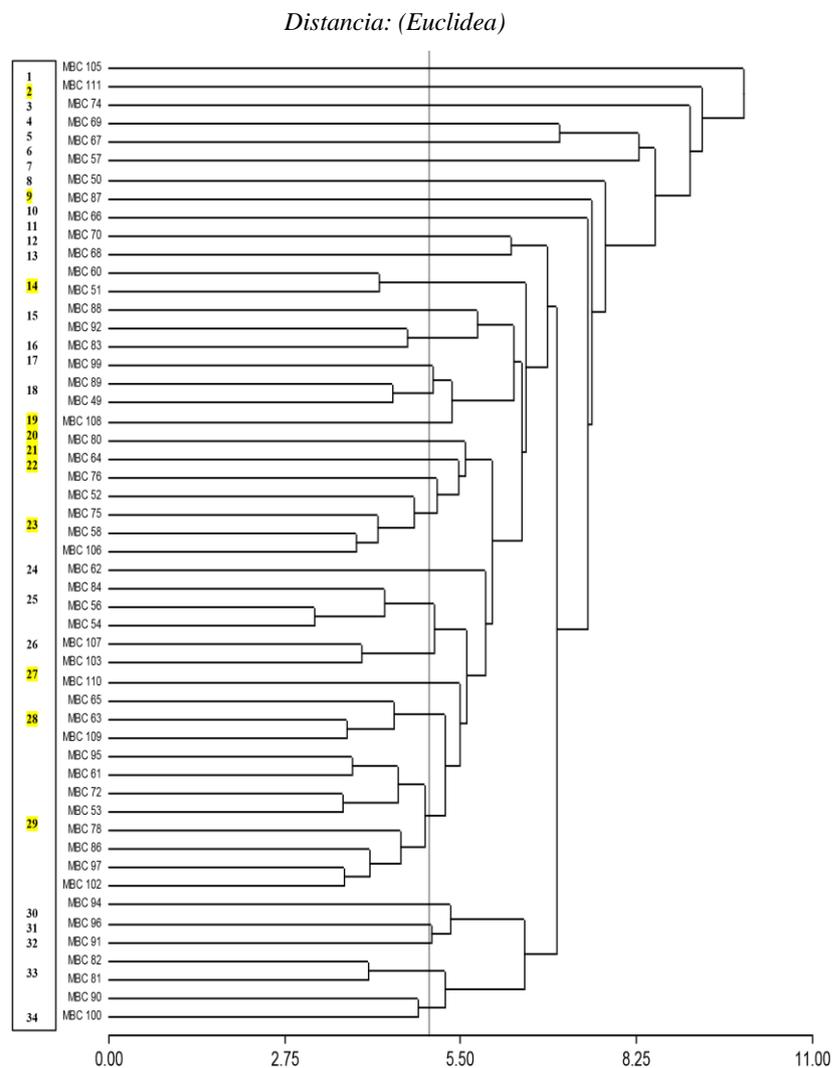


Figura 14. Análisis de conglomerados de las 63 líneas avanzadas MBC (Mid-altitude BCMNV resistant climbing beans).

4.2 EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LÍNEAS PROMISORIAS

Según las características agronómicas cualitativas y cuantitativas que se muestran en el **Cuadro 12** se seleccionaron las nueve mejores líneas para frijol de grano blanco (Ensayo D).

Cuadro 12. Características morfológicas de las líneas seleccionadas para grano blanco

Líneas	Posición Vainas	Forma semilla	Vigor	DMF	Racimos/ Planta	Peso 100 granos (gr)	Rendimiento/ planta (gr/plt)	
MBC 51	Toda la planta	Ovalado	Intermedio	135	34	52.45	9.40	
MBC 52		Arriñonado	Excelente	132	30	45.35	14.68	
MBC 53		Ovalado	Bueno	128	13	37.50	6.12	
MBC 58	Base	Ovalado	Bueno	135	26	38.00	14.71	
MBC 60	Toda la planta	Truncado	Bueno	130	21	37.50	11.68	
MBC 61	Base	Ovalado	Excelente	137	26	61.50	10.05	
MBC 63	Base	Ovalado	Muy pobre	137	28	51.20	6.60	
MBC 76	Toda la planta	Ovalado	Pobre	126	25	57.10	15.80	
MBC 80	Base	Ovalado	Excelente	130	25	65.60	13.06	
Moda	Toda la planta	Ovalado	Bueno, Excelente	\bar{x}	132	25	49.58	11.34
Frecuencia	5	7	3,3	σ	4.00	5.87	10.67	3.55
Porcentaje (%)	56	78	33%	CV	3.00	23.19	21.51	31.26
\bar{x} : media; σ : variancia; CV: coeficiente de variabilidad								

Como se observa en el **Cuadro 12** las variables cualitativas que se seleccionaron fueron posición de vainas con una distribución en toda la planta característica presente en el 55 por ciento de las líneas, forma de grano de preferencia ovalado se presentó en el 78 por ciento de las líneas y el vigor bueno y excelente con 33 por ciento de frecuencia para cada uno. Entre otras variables cualitativas el 78 por ciento de ellas presentaron contenido de antocianinas en las hojas, en el 89 por ciento de ellas tuvo color de alas blanco, vainas ligeramente curvas, posición de ápice marginal, granos con hilium blanco y color de grano blancuzco.

Las características cuantitativas de interés como días a madurez fisiológica que define la precocidad tuvo un bajo coeficiente de variancia con promedio de 132 días y con 165 días a cosecha, valor menor a lo reportado por PLGO (2014) con 7.5 meses o 225 días a cosecha. El número de racimos por planta tuvo una mayor variación con un promedio de 25 racimos, variable importante por ser un determinante en el rendimiento. El peso de 100 granos fue en promedio de 49.58 gr, es decir, tamaño grande de grano (Camarena *et al.*,

2009) y un rendimiento en promedio de 11.34 gr/ planta, valor con mayor variación y sujeto a diferentes factores ambientales.

Las líneas avanzadas seleccionadas tuvieron en promedio 4 lóculos por vaina, vainas de 10 cm de largo y 1 cm de ancho, grano de 1.26 cm de largo, 0.8 cm de ancho y 0.64 cm de grosor y longitud de ápice de vaina de 1.41 cm. Por otro lado, de acuerdo a los componentes de rendimiento el número promedio de vainas por planta fue de 21 y 4 granos por vaina.

Para el Ensayo II se seleccionaron las nueve líneas avanzadas de grano amarillo con mejores características agronómicas como se muestran en el **Cuadro 13**.

Cuadro 13. Características morfológicas de las líneas seleccionadas de grano amarillo

Líneas	Posición vainas	Forma Semilla	Vigor	DMF	Racimos/ Planta	Peso 100 granos (gr)	Rendimiento/ planta (gr/plt)	
MBC 87	Toda la planta	Truncado	Muy pobre	153	10	66.80	14.31	
MBC 95		Truncado	Intermedio	137	11	65.10	12.15	
MBC 97		Ovalado	Pobre	133	11	65.55	9.96	
MBC 102	Base	Ovalado	Intermedio	137	16	52.25	9.57	
MBC 106	Base	Ovalado	Excelente	137	19	62.30	15.26	
MBC 108	Base	Arriñonado	Intermedio	133	26	43.55	3.47	
MBC 109	Base	Ovalado	Muy pobre	135	14	54.26	9.65	
MBC 110	Base	Ovalado	Intermedio	134	14	60.05	14.79	
MBC 111	Base	Ovalado	Intermedio	137	15	44.83	15.62	
Moda	Base	Ovalado	Intermedio	\bar{x}	137	15	57.2	11.64
Frecuencia	6	6	5	σ	6.12	5.00	8.90	3.94
Porcentaje (%)	67	67	55	CV	4.50	32.8	15.50	33.80

\bar{x} : media; σ : variancia; CV: coeficiente de variabilidad

La distribución de las vainas en toda la planta solo lo presentaron el 33% de las líneas seleccionadas, la forma de grano ovalado en el 67 por ciento y el vigor presentado en condiciones de la costa de Lima, fue intermedio entre bueno y pobre, característica más frecuente en las líneas seleccionadas (55 por ciento), sin embargo la línea MBC 106 obtuvo un vigor excelente bajo estas condiciones, razón por la cual se seleccionó para ser evaluada en condiciones de sierra. Otras características que presentaron las líneas fueron las siguientes: 100% alas color blanco, 78 por ciento posición de ápice marginal de la vaina y de grano brillante, color de grano amarillo e hiliun marrón, vainas ligeramente curvadas.

En las variables cuantitativas se obtuvo un promedio de 137 días a madurez fisiológica, característica importante porque determina la precocidad del material genético en estudio. El número de racimos tuvo un coeficiente de variación alto en relación a los otros caracteres en estudio con 33 por ciento y un promedio de 15 racimos, característica que se encuentra limitada por las condiciones medio ambientales, el peso de 100 granos promedio de 57.2 gramos que de acuerdo con lo expuesto por Camarena *et al.* (2009) se trata de granos grandes y un rendimiento promedio de 11.64 gr/planta que tiene una gran influencia ambiental y por lo cual se esperó que variara de un ambiente al otro.

Otras características cuantitativas que se tuvieron en cuenta fueron: 4 lóculos por vaina, dimensiones de vainas en promedio de 11.8 cm de largo y 1.1 cm de ancho, dimensiones de grano de 1.35 cm de largo, 0.82 cm de ancho y 0.67 cm de grosor; longitud de ápice de 1.29 cm. En cuanto a los componentes de rendimiento se obtuvo en promedio 22 vainas por planta y 4 granos por vaina.

4.2.1 Evaluación de líneas promisorias de frijol blanco (Ensayo I)

4.2.1.1 Variables cualitativas

Los resultados de la evaluación de estas variables se encuentran en el **Anexo III** y de manera resumida en el **Cuadro 14**.

Cuadro 14. Resultados de las variables cualitativas evaluadas en el Ensayo I.

Línea	Color Clorofílico	Persistencia	Posición Vainas	Orientación Ápice	Brillo Semilla	Forma Semilla	Vigor
MBC 51	Verde	No persisten	Toda la Planta	Hacia abajo	Opaco	Arriñonado	Bueno
MBC 52	Verde oscuro	No persisten		Hacia abajo	Brillante	Arriñonado	Intermedio
MBC 53	Verde	Intermedio		Hacia abajo	Intermedio	Ovalado	Bueno
MBC 58	Verde	Intermedio	Base	Hacia abajo	Intermedio	Ovalado	Intermedio
MBC 60	Verde	No persisten	Toda la Planta	Recto	Brillante	Ovalado	Intermedio
MBC 61	Verde	Intermedio	Base	Hacia abajo	Intermedio	Ovalado	Bueno
MBC 63	Verde	Intermedio	Base	Recto	Opaco	Ovalado	Intermedio
MBC 76	Verde	No persisten	Toda la planta	Recto	Opaco	Arriñonado	Bueno
MBC 80	Verde oscuro	No persisten	Base	Recto	Opaco	Arriñonado	Intermedio
Blanco Molinero	Verde oscuro	No persisten	Superior	Hacia abajo	Opaco	Arriñonado	Intermedio
Moda	Verde	No persisten	Toda la planta	Hacia abajo	Opaco	Arriñonado	Intermedio
Frec.	7	6	5	6	5	5	6
Porc.(%)	70	60	50	60	50	50	60

Las líneas presentaron características similares como hojas con ausencia de antocianinas, botón floral con estandarte blanco y alas blancas, vainas con fibra corácea, ápice marginal, color amarillo pálido a blanco y semilla blancuzca con hiliium blanco. Según lo encontrado por Otálora *et al.* (2009) para frijol reventón o ñuña los caracteres de color de alas, color de vaina y forma de semilla permiten obtener mayor información sobre los materiales en estudio, variables que en esta segunda evaluación fueron uniformes para todas las líneas, a excepción de la forma de semilla.

Como característica particular 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 fue la única con hoja cuadrangular, para las demás fue triangular, las líneas MBC 51 y MBC 53 presentaron bractéola lanceolada mientras que para la mayoría fue ovalada, la curvatura de vaina fue recta solo para las líneas MBC 51 y MBC 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 MBC 63 obtuvieron una sutura de valvas moderadamente hilachosa.

Para determinar los caracteres fijos y constantes se realizó la comparación de los caracteres cualitativos obtenidos en condiciones de la costa de Lima y la sierra de Carhuaz, los resultados se presentan en el **Cuadro 15**. Según la comparación realizada entre las dos localidades se definió que los caracteres constantes para este estudio fueron: ausencia de antocianinas, color de alas, sección transversal de las vainas, posición de ápice, color de semilla y color de hiliium. Mientras que los caracteres 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.

En concordancia con Camarena *et al.* (2009), los caracteres constantes son aquellos que además de identificar al taxón tienen una alta heredabilidad como lo encontrado en este estudio; sin embargo, 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) en donde los caracteres constantes incluyó el color de hoja y flor.

Los caracteres variables que se encuentran influenciados mayormente por el medio ambiente y por tanto tienen una baja heredabilidad (Camarena *et al.*, 2009) tuvieron relación a lo encontrado por Vargas (1985) en donde el vigor de planta lo clasifico dentro

de este grupo. Cabe resaltar que los resultados solo son una aproximación a una clasificación de los caracteres puesto que las condiciones de evaluación y diseño fueron diferentes.

Cuadro 15. Comparación entre caracteres cuantitativos evaluados en costa y sierra del Perú para fríjol blanco (Ensayo I).

Variables Cualitativas	Costa, Lima			Sierra, Carhuaz		
	Moda	Frec.	Porc. (%)	Moda	Frec.	Porc. (%)
Color clorofílico	Verde pálido	6	67	Verde	7	78
Presencia de antocianinas	Ausencia	9	100	Ausencia	9	100
Forma de la hoja	Triangular	6	67	Triangular	8	89
Persistencia de las hojas	Intermedio	4	44	Todas las hojas caídas	5	56
Color del estandarte	Blanco	5	56	Blanco	9	100
Color de las alas	Blanco	8	89	Blanco	9	100
Forma de la bractéola	Ovalada	4	44	Lanceolada	7	78
Posición de las vainas	Toda la planta	8	89	Toda la planta	5	56
Sección transversal de la vaina	Elíptica redonda	8	89	Elíptica redonda	8	89
Posición del ápice	Marginal	8	89	Marginal	9	100
Orientación del ápice	Hacia abajo	4	44	Hacia abajo	5	56
Color de la vaina	Amarillo pálido a blanco	5	56	Amarillo pálido a blanco	9	100
Curvatura de la vaina	Ligeramente Curvado	8	89	Ligeramente Curvado	7	78
Sutura de la vaina	Poco y sin hilachas	4	44	Poco hilachosa	7	78
Fibra de la vaina	Corácea, suelta y Contraída	3	33	Corácea	9	100
Color de la semilla	Blancuzco	8	89	Blancuzco	9	100
Color de la hilium	Blanco	9	100	Blanco	9	100
Brillo de la semilla	Intermedio	6	67	Opaco	4	44
Forma de la semilla	Ovalado	7	78	Ovalado	5	56
Vigor de la planta	bueno, excelente	3	33	Intermedio	5	56

4.2.1.2 Variables cuantitativas

4.2.1.2.1 Análisis de varianza (ANDEVA) y prueba de comparación de medias

Los resultados del ANDEVA para las variables cuantitativas se muestran en el **Cuadro 16** y la prueba de comparación de medias para aquellas que tuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) o altamente significativas ($p < 0.01$) se muestran en el **Cuadro 17**. Los resultados completos de la evaluación de caracteres cuantitativos se muestran en el **Anexo IV**.

Cuadro 16. Cuadrados medios de las variables evaluadas en fríjol blanco- Ensayo I, obtenidos en los análisis de varianza (ANDEVA)

Fuente	Ancho hoja	Racimos/planta	Longitud inflorescencia	Longitud pedicelo	Longitud bractéola	Ancho bractéola	Granos/vaina	Peso 100 granos	Ramas/planta	Nudos/planta	Diámetro	Longitud ápice
Líneas	2.06**	30.03*	3.53*	0.23*	0.06**	0.03**	0.77*	176.02**	1.59**	40.53**	0.01**	0.19**
Bloque	0.49ns	12.93ns	1.15ns	0.09ns	0.03ns	0.01ns	0.32ns	67.47ns	0.13ns	1.43ns	0.00ns	0.00ns
Promedio	7.23	15.00	3.32	0.88	0.54	0.35	4.00	57.56	2.00	13.00	0.34	1.60
CV (%)	9.74	20.46	30.52	30.12	19.19	22.32	11.00	6.28	15.43	19.15	13.45	10.74

Continua

Fuente	Longitud grano	Ancho grano	Grosor grano	Lóculos/vaina	Vainas/planta	Altura	Rendimiento	Longitud hoja	Longitud botón	Ancho botón	Longitud vaina	Ancho vaina
Líneas	5.90**	0.48**	0.59**	0.69**	109.93ns	4374.39**	11342.60ns	1.13ns	0.02ns	0.00ns	8.68ns	0.04ns
Bloque	0.00ns	0.06ns	0.29ns	0.17ns	32.93ns	15.70ns	36583.30ns	0.14ns	0.02ns	0.00ns	5.87ns	0.04ns
Promedio	13.73	8.57	6.80	5.00	20.33	131.50	729.17	10.47	0.77	0.41	12.56	0.88
CV (%)	3.11	2.93	4.87	8.08	34.06	14.79	35.59	7.28	17.91	11.50	17.03	14.37

Cuadro 17. Prueba de comparación de medias de caracteres cuantitativos evaluados en el Ensayo I. Prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Línea	Ancho hoja		Longitud Inflorescencia		Longitud pedicelo		Longitud bractéola		Ancho bractéola		Ramas/planta		Nudos/planta		Diámetro		Longitud ápice		Longitud grano		Ancho grano	
MBC 51	7.45	C	3.83	B	1.00	B	0.33	C	0.30	D	2	B	13	B	0.27	D	1.42	E	13.67	D	8.64	C
MBC 52	8.25	A	2.77	C	0.77	C	0.83	A	0.50	A	2	B	11	B	0.40	A	1.37	E	13.07	F	8.23	B
MBC 53	8.23	A	3.10	C	1.40	C	0.50	C	0.27	D	2	B	13	B	0.37	B	1.74	C	13.23	F	8.79	B
MBC 58	6.33	C	1.43	C	0.48	C	0.48	C	0.42	C	2	B	13	B	0.30	D	1.52	E	12.48	G	7.82	D
MBC 60	6.83	C	3.00	C	0.83	C	0.75	A	0.40	C	4	A	12	B	0.33	C	1.68	D	12.15	G	8.23	D
MBC 61	6.12	C	5.67	A	0.97	B	0.50	C	0.23	D	2	B	16	B	0.33	C	1.27	E	12.83	G	8.88	B
MBC 63	8.00	B	4.00	B	0.75	B	0.45	C	0.25	D	2	B	18	A	0.41	A	1.59	E	13.40	E	8.82	B
MBC 76	6.25	C	2.87	C	0.50	C	0.55	B	0.30	D	3	B	15	B	0.40	A	1.48	E	15.46	B	8.45	C
MBC 80	7.03	C	3.00	C	1.00	B	0.48	C	0.42	C	2	B	16	B	0.33	C	1.85	B	16.67	A	9.20	A
Blanco Molinero	7.77	B	3.52	B	1.10	B	0.52	C	0.45	B	2	B	4	C	0.23	D	2.12	A	14.35	C	8.60	C
Promedio	7.23		3.32		0.88		0.54		0.35		2.00		13.00		0.34		1.60		13.73		8.57	
C.V (%)	11.46		32.7		31.44		26.99		26.57		30.75		29.34		17.33		15.83		10.22		4.64	

Continúa

Línea	Grosor Grano		Lóculos/Vaina		Días a floración		Días a madurez fisiológica		Altura (cm)		Racimos/Planta		Vainas/planta		Granos/Vaina		Peso 100 granos		Rendimiento (kg/ha)	
MBC 51	6.49	D	5	A	77	A	144	A	78.00	E	22	A	18	A	5	B	55.80	D	655	A
MBC 52	6.72	D	5	A	75	A	145	A	151.30	C	12	C	21	A	5	B	52.70	D	744	A
MBC 53	7.46	A	5	A	76	A	145	A	114.00	D	17	B	17	A	5	B	59.60	B	863	A
MBC 58	6.37	D	5	A	75	A	145	A	157.00	B	15	C	26	A	5	B	45.70	E	744	A
MBC 60	6.85	C	6	A	76	A	144	A	119.30	D	17	B	19	A	5	B	50.70	E	774	A
MBC 61	7.35	B	5	A	75	A	144	A	143.30	D	13	C	25	A	5	A	58.90	C	833	A
MBC 63	7.00	C	5	A	77	A	144	A	155.00	C	15	C	16	A	5	B	58.60	C	863	A
MBC 76	6.21	D	4	B	76	A	144	A	130.70	D	14	C	28	A	3	C	63.60	B	625	A
MBC 80	7.22	B	4	B	72	A	144	A	196.70	A	14	C	26	A	4	C	73.90	A	655	A
Blanco Molinero	6.37	D	5	A	77	A	144	A	69.67	E	11	C	8	A	5	B	56.20	C	536	A
Promedio	6.80		5.00		75.00		144.00		131.50		15.00		20.00		4.00		57.56		729.00	
C.V (%)	6.51		9.91		1.90		0.34		29.04		21.14		29.77		11.34		13.31		15.06	

Los coeficientes de variación para algunas variables fueron mayores que el 8 por ciento (Ligarreto y Martínez, 2002), lo cual indica que en los descriptores existe un amplio rango de variación siendo mayor para las variables longitud de inflorescencia, longitud de pedicelo y rendimiento con 30.52 por ciento, 30.12 por ciento, 35.59 por ciento respectivamente.

Dadas las condiciones medioambientales en las que se sembraron las líneas se obtuvo en promedio 75 días a floración y 144 días a madurez fisiológica con coeficientes de variación muy bajos. De acuerdo al ANDEVA las variables no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$), por lo tanto todos los materiales genéticos tuvieron el mismo desarrollo fenológico con comportamiento comparable con el testigo Blanco Molinero de hábito de crecimiento tipo I; además, teniendo en cuenta que los fríjoles volubles en la sierra del Perú tienen un ciclo del cultivo de 7.5 meses (PLGO, 2014), en este ensayo se cosecho a los 6 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 fríjol voluble asociado con maíz, mientras que en este estudio se obtuvo un menor ciclo vegetativo. Por otro lado Voysest (2000) determinó que para fríjol sembrado a una temperatura de 13-15°C como la presentada en Carhuaz; se consideran precoces los genotipos que tienen aproximadamente 190 días a madurez fisiológica, basados en esta afirmación los genotipos evaluados se consideran promisorios porque fueron 46 días más precoces. De acuerdo a Ríos (2014), quien obtuvo un rango de variación de 85-132 días a floración y 167 días a madurez fisiológica, los materiales evaluados fueron precoces y con un alto potencial para utilizarse en regiones de sierra.

En este ensayo las líneas tuvieron una altura promedio de 1.30 m, con diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en el ANDEVA realizado. Según la prueba de comparación de medias de Duncan sobresalió la línea MBC 80 por presentar una altura de 1.97 m mucho mayor que las otras líneas y que el testigo en estudio, cabe resaltar que la línea MBC 51 tuvo una altura de 0.78 m similar a lo presentado por el testigo (0.7 m).

Las líneas en estudio obtuvieron un promedio de 13 nudos con diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en el ANDEVA y según la prueba de Duncan la línea MBC 63 presentó el mayor número con 18 nudos por planta y el testigo fue el de menor número con

4, esto debido al hábito de crecimiento diferente entre los dos, sin embargo la línea MBC 51 con altura similar al testigo presentó 13 nudos, resultado que se puede asociar a la capacidad trepadora de la línea y la necesidad de torsión que se favorece por el número de nudos.

Según CIAT (1984) el número de nudos es un carácter de poca variación y de acuerdo con Ligarreto y Martínez (2002) la altura y el número de nudos se asocian, obteniendo una mayor altura con un número de nudos de 20 a 30 corroborado con la línea MBC 80 con altura de 1.96 m y número de nudos de 16; sin embargo, cabe aclarar que el adecuado desarrollo de la planta está influenciado por el tutor utilizado que permite el elongamiento de los entrenudos o los limita en un momento dado.

En cuanto al diámetro del tallo se obtuvo diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) y en la prueba de Duncan las líneas MBC 63, MBC 76 y MBC 52 tuvieron tallos con 0.41cm, 0.4 cm y 0.4 cm. de diámetro respectivamente, lo cual le brinda una mejor aptitud para trepar, mientras que para las líneas MBC 51 y el testigo tuvieron valores de 0.27 cm y 0.23 cm. respectivamente. El valor promedio para las líneas fue de 0.34 cm.

Otra variable, ramas por planta también presentó diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), la línea MBC 60 tuvo 4 ramas por planta mayor que el promedio de 2 que se obtuvo para el resto de líneas y el testigo. Teniendo en cuenta que el número de ramas por plantas según indica Restrepo y Laing (1979) es un componente de rendimiento, la línea MBC 60 se comportó como promisorio para este carácter.

De acuerdo con White (1985) los componentes que determinan el rendimiento son: vainas por plantas, granos por vaina, tamaño y peso del grano; estos componentes no pueden considerarse independientes unos de otros. En este ensayo el valor promedio de número de vainas fue de 20, en relación al ANDEVA para esta variable, no hubo diferencias significativas entre las líneas; sin embargo, se puede observar una gran diferencia de las líneas con un rango de 16-28 vainas con respecto al testigo, el cual solo produce en promedio 8 vainas por planta.

Según lo reportado por Ríos (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.

El número de vainas por planta depende de la cantidad de flores que posea debido a la relación que existe entre ellas (Izquierdo y Hosfield, 1981). A su vez la producción de flores es muy influenciada por factores bióticos, abióticos y mecánicos (Tanaka y Fujita, 1979). 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.

Durante el ciclo vegetativo del cultivo hubieron limitantes en cuanto a la disponibilidad de agua con una precipitación acumulada de 374 mm durante todo el ciclo siendo menor a lo requerido por el frijol de 500 mm, sin embargo se suplió dicha diferencia con riegos, no obstante pudo influir en el aborto floral y por ende en la producción de vainas.

En cuanto a los racimos por planta se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) con 15 racimos en promedio, siendo mayor para la línea MBC 51 con 22 racimos y el testigo con 11, variable de gran importancia puesto que del número de racimos que forme la planta depende el potencial de producción de vainas.

Otro de los componentes es el número de granos por vaina que para este estudio fue en promedio 4, dato que se mantuvo constante desde la evaluación de las líneas en la costa de Lima. De acuerdo al ANDEVA realizado se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) y con la prueba de Duncan se obtuvo que la línea MBC 61 con 5 granos por vaina fue la que sobresalió de las demás y las líneas MBC 76 y MBC 80 tuvieron bajos valores con 3 y 4 granos respectivamente menor que el testigo con 5 granos por vaina.

De acuerdo con Tapia (1987) y Bonilla (1990) el número de granos es determinante para el rendimiento, depende de la constitución genética de cada línea y de la influencia del ambiente. Es importante resaltar el comportamiento de la línea MBC 76 que obtuvo 28 vainas por planta pero solo 3 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 por vainas. Mientras que Ríos (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. La variable granos por vaina se relaciona con el número de lóculos, variable que también tuvo diferencias significativas ($p < 0.05$), en la prueba de Duncan coincidió que las líneas MBC 76 y MBC 80 tuvieron los menores valores con 4 lóculos por vaina mientras que en promedio se obtuvo 5 lóculos por vaina al igual que el testigo. Cabe resaltar el comportamiento de la línea MBC 60 con 6 lóculos por vaina mucho mayor que todos, pero que no tiene diferencias según la prueba de comparación de medias utilizada. Este carácter es importante porque muestra el potencial que tiene la planta para producir granos y que se limita por factores ambientales y de índole agronómico como la fertilidad del suelo y la sanidad del cultivo.

El peso de 100 granos fue en promedio de 57.56 gr se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), con la prueba de Duncan se determinó que la línea MBC 80 con 73.91 gr tuvo el mayor peso de 100 granos y similar al testigo el peso encontrado en las líneas MBC 61 y MBC 63. Ríos (2014) encontró que para el peso de 100 semillas el valor varió de 68-72.1 gramos valores mayores a lo obtenido en este ensayo y que demuestran que se trató de un tamaño grande de grano.

Según Davis (1985) y Barrera y Álvarez (1998) este carácter por ser controlado por un gran número de genes y tener influencia del ambiente, presenta una mayor variación. Además, según Camarena *et al.* (2009) existe una relación entre el tamaño del grano y el peso de 100 granos, por lo tanto el promedio de 57.56 gr indica que se trata de granos de tamaño grande.

El tamaño de grano se registró de acuerdo a las tres dimensiones: longitud, ancho y grosor, para las tres se obtuvieron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) de acuerdo a los resultados del ANDEVA y con la prueba de medias correspondiente se encontró que la línea MBC 80 obtuvo los mayores valores con 16.67mm de largo y 9.20mm de ancho y las líneas MBC 58 y MBC 60 con longitud de 12.48 mm y 12.15mm y ancho de 8.23mm y 8.44mm respectivamente tuvieron granos de tamaño pequeño. El grosor del grano fue mayor para la línea MBC 53 con 7.46mm lo que le da una forma ovalada de grano, esta línea también obtuvo un ancho de la vaina de 1.15cm mayor que las otras líneas lo cual demuestra la relación con el grosor de grano.

La característica de mayor importancia es el rendimiento, en este ensayo fue de 751 kg/ha en promedio y oscilo entre 625–863 kg/ha, no hubo diferencias significativas entre las líneas de acuerdo al ANDEVA; sin embargo, se observó una ligera superioridad de las líneas con respecto al testigo (536 kg/ha). El mayor rendimiento lo obtuvieron las líneas MBC 53, MBC 61 y MBC 63 aunque no existen diferencias según la prueba de Duncan, con una producción de maíz blanco amiláceo de la zona de Carhuaz de 1.030 kg/ha.

El rendimiento registrado por Lépiz y Valladolid (1991) en Cajamarca de 200 kg/ha de frijol en asocio con maíz muestra la superioridad de las líneas avanzadas MBC y su potencial uso en la sierra peruana para ser sembrado en monocultivo o en asocio. 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 por ciento en forma general (Angulo, 1986 citado por Vélez *et al.*, 2007).

Otros limitantes del rendimiento fueron los factores ambientales: temperatura, humedad relativa y precipitación (Blandón y Arvizú, 1992), además de la acidez del suelo, pedregosidad que dificulto la óptima preparación del terreno y por ende el desarrollo adecuado del cultivo. De acuerdo con González *et al.* (2007), el rendimiento se encuentra asociado con la altura de la planta y el número de vainas por planta, lo que no se corrobora con los resultados obtenidos en este ensayo.

Otras variables evaluadas como longitud de hoja, tamaño de botón floral (longitud y ancho), longitud de vaina no tuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$). Para las variables cuantitativas se obtuvo que el testigo tuvo una longitud de ápice con 2.12 mayor que el resto de las líneas, el ancho de hoja fue mayor para las líneas MBC 52 y MBC 53 con 8.25 cm y 8.23 cm mientras que la línea MBC 61 tuvo 6.12 cm, la longitud de la inflorescencia fue mayor para esta línea con 5.67 cm y menor para la línea MBC 58 con 1.43 cm en promedio, también tuvo el menor valor para la longitud de pedicelo con 0.48 cm donde la línea MBC 53 obtuvo un valor de 1.4 cm. En cuanto al tamaño de bractéola las líneas MBC 52 y MBC 60 con 0.83 cm y 0.75 cm de longitud respectivamente, pero solo la línea MBC 52 obtuvo un ancho de 0.5 cm mayor que las demás líneas y el testigo.

Para determinar los caracteres constantes y variables dentro de las variables cuantitativas se realizó la comparación correspondiente entre los resultados obtenidos en condiciones de costa y de sierra del Perú, los datos se muestran en el **Cuadro 18**.

Cuadro 18. Comparación de caracteres cuantitativos en condiciones de costa y sierra del Perú para frijol blanco Ensayo I.

Variables	Costa- Lima			Sierra- Carhuaz		
	Promedio	Des.est.	CV (%)	Promedio	Des.est.	CV (%)
Longitud de la hoja	9.94	0.99	9.97	10.47	0.61	5.88
Ancho de la hoja	7.17	1.13	15.74	7.17	0.83	11.56
Altura de la planta	136.25	33.80	24.81	138.37	38.19	27.60
Diámetro del tallo	0.38	0.04	11.00	0.35	0.06	16.76
Longitud de botón floral	0.71	0.20	27.63	0.76	0.08	10.90
Ancho de botón floral	0.37	0.15	40.91	0.41	0.03	7.62
Longitud de la bractéola	0.56	0.31	55.61	0.54	0.15	26.86
Ancho de la bractéola	0.31	0.09	29.83	0.34	0.09	27.40
Longitud de la inflorescencia	5.97	3.19	53.46	3.30	1.09	32.92
Longitud del pedicelo	0.65	0.28	43.29	0.86	0.28	32.33
Longitud de la vaina	10.02	1.49	14.89	12.37	1.70	13.75
Ancho de la vaina	1.08	0.11	10.04	0.89	0.11	12.25
Longitud del ápice	1.41	0.44	31.38	1.55	0.25	16.42
Peso de 100 semillas	49.58	10.67	21.51	57.71	7.66	13.27
Longitud del grano	1.26	0.12	9.69	1.37	1.40	10.27
Ancho del grano	0.80	0.06	7.25	0.90	0.40	4.65
Grosor del grano	0.64	0.05	8.36	0.69	0.44	6.46
Rendimiento por planta	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

Los caracteres que se consideraron como constantes fueron: nudos por planta, semillas por vaina, ramas por planta. En los caracteres variables se observó que hay caracteres con influencia ambiental en menor grado como altura de planta, diámetro de tallo, ancho de bractéola, longitud de vaina y entre los caracteres más variables estuvieron los caracteres: 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.

Los resultados encontrados en este ensayo se corroboran con lo expuesto por 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 lo expuesto por 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. Según Bracho *et al.* (2010) existe una gran variación dentro de cada característica y encontró diferencias dentro de las variables fenológicas, de acuerdo a los resultados expuestos se encontró que los días a floración y días a madurez fisiológicas estuvieron muy afectados por las condiciones medio ambientales.

De acuerdo a lo indicado por Cerón *et al.* (2001), los caracteres nudos por planta, altura, vainas por planta, peso de 100 semillas, días a floración y granos por vaina tienen un gran aporte de la constitución genética del material evaluado. Por lo tanto, las variaciones observadas dependieron del efecto ambiental. En relación con Ligarreto *et al.* (2013) encontró mayor variabilidad para el peso de 100 semillas, longitud de vaina, longitud de ápice, nudos por planta, vainas por planta y días a madurez fisiológica. Resultados que concuerdan con lo obtenido en este ensayo.

4.2.1.2.2 Correlación de las variables cuantitativas en estudio

En el grado de asociación entre las variables medidas se resalta la altura de planta, vainas por planta, días a floración, peso de 100 granos, longitud y ancho de grano por alcanzar los valores más altos en sus coeficientes de correlación, los cuales oscilaron entre -0.7 y 0.85 que fueron a su vez significativos ($p < 0.05$). Los resultados completos del análisis de correlación se muestran en el **Cuadro 19**.

Cuadro 19. Matriz de correlación de variables cuantitativas del Ensayo I, a partir del coeficiente de Pearson. Probabilidades p (<0.05)

	Longitud botón	Ancho botón	Longitud bractéola	Ancho bractéola	Racimos/planta	Longitud inflorescencia	Longitud pedicelo	Longitud vaina	Ancho vaina	Longitud ápice	Vainas/planta	Lóculos/vaina	Granos/vaina	Peso 100 semillas	Longitud grano	Ancho grano	Grosor grano	Ramas/planta	Rendimiento	Ancho hoja	Días a floracion	Días a madurez fisiologica	Altura	Diametro	Longitud hoja	
Ancho botón	0.94																									
Longitud bractéola	0.95	0.90																								
Ancho bractéola	0.62	0.37	0.09																							
Racimos/planta	0.22	0.70	0.21	0.26																						
Longitud inflorescencia	0.17	0.79	0.49	0.06	0.96																					
Longitud pedicelo	0.24	0.49	0.59	0.61	0.64	0.25																				
Longitud vaina	0.09	0.71	0.24	0.18	0.00	0.33	0.68																			
Ancho vaina	0.30	0.30	0.61	0.16	0.45	0.44	0.01	0.57																		
Longitud ápice	0.89	0.22	0.83	0.30	0.51	0.52	0.22	0.14	0.85																	
Vainas/planta	0.38	0.97	0.90	0.78	0.99	0.62	0.11	0.91	0.40	0.07																
Lóculos/vainas	0.02	0.47	0.32	0.85	0.49	0.82	0.68	0.28	0.47	0.92	0.17															
Granos/vaina	0.04	0.36	0.91	0.84	0.66	0.61	0.28	0.27	0.18	1.00	0.09	0.01														
Peso 100 semillas	0.62	0.27	0.42	0.51	0.73	0.42	0.39	0.42	0.84	0.49	0.54	0.01	0.06													
Longitud grano	0.16	0.12	0.43	0.82	0.58	0.90	0.89	0.23	0.40	0.28	0.57	0.00	0.01	0.00												
Ancho grano	0.56	0.47	0.22	0.20	1.00	0.05	0.06	0.99	0.27	0.51	0.77	0.23	0.65	0.00	0.08											
Grosor grano	0.14	0.68	0.96	0.27	0.95	0.18	0.06	0.92	0.01	0.94	0.93	0.79	0.42	0.27	0.84	0.05										
Ramas/planta	0.55	0.66	0.15	0.86	0.66	0.65	0.42	0.97	0.44	0.96	0.72	0.28	0.45	0.64	0.64	0.36	0.61									
Rendimiento	0.22	0.01	0.79	0.14	0.63	0.52	0.76	0.53	0.03	0.20	0.70	0.25	0.22	0.59	0.07	0.90	0.03	0.95								
Ancho hoja	0.73	0.33	0.71	0.63	0.91	0.92	0.12	0.89	0.17	0.36	0.03	0.61	0.22	0.99	0.87	0.60	0.57	0.32	0.73							
Días a floracion	0.78	0.34	0.70	0.36	0.43	0.60	0.91	0.29	0.75	0.99	0.05	0.17	0.39	0.14	0.18	0.47	0.29	0.72	0.96	0.41						
Días a madurez fisiologica	0.43	0.19	0.39	0.38	0.84	0.09	0.98	0.69	0.33	0.65	0.77	0.74	0.39	0.20	0.26	0.14	0.84	0.39	0.33	0.38	0.74					
Altura	0.71	0.53	0.65	0.81	0.38	0.62	0.30	0.26	0.81	0.52	0.03	0.26	0.44	0.32	0.49	0.69	0.28	0.77	0.32	0.51	0.01	0.64				
Diametro	0.54	0.05	0.30	0.45	0.72	0.93	0.44	0.50	0.63	0.21	0.25	0.57	0.35	0.57	0.98	0.87	0.41	0.71	0.09	0.69	0.75	0.53	0.10			
Longitud hoja	0.07	0.19	0.44	0.30	0.19	0.58	0.86	0.07	0.33	0.69	0.28	0.01	0.01	0.03	0.01	0.44	0.86	0.93	0.17	0.95	0.07	0.95	0.29	0.44		
Nudos/planta	0.79	0.21	0.46	0.06	0.45	0.54	0.47	0.55	0.66	0.10	0.04	0.40	0.42	0.29	0.77	0.35	0.21	0.97	0.08	0.40	0.37	0.70	0.04	0.05	0.99	

Entre las correlaciones más importantes se encuentra la existente entre la altura de la planta y el número de nudos corroborando lo expuesto por Ligarreto y Martínez (2002). La asociación encontrada entre el peso de 100 granos con la longitud y el ancho del grano corrobora 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 ligado 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; sin embargo, el rendimiento se asoció con el ancho de botón floral y el grosor de grano, por lo cual se puede inferir que el rendimiento depende del tamaño de vainas y granos. Los resultados fueron contrarios a lo indicado por Manrique (1980) citado por Espinoza (2009), Robles (1982) 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. Los resultados obtenidos en este estudio pudieron deberse a diferentes factores entre ellos la pérdida de vainas desde la maduración hasta la cosecha, el transporte del material hasta ser evaluado y a los factores limitantes de clima y suelo donde se instaló el ensayo.

De acuerdo al “*var cluster*” mostrado en la **Figura 15** se tiene que las variables peso de 100 granos y ancho de grano se correlacionan con un coeficiente de Spearman igual a 0.55, mayor correlación tuvieron las variables lóculos por vaina y granos por vaina (0.7) y ancho de vaina y grosor de grano (0.7). Debido a que se observó una estructura de correlación entre las variables, fue necesaria la aplicación de las estadísticas multivariadas, en específico componentes principales para conocer cuales variables discriminan mejor a las líneas en estudio.

4.2.1.2.3 Análisis de componentes principales

En el análisis de componentes principales (**Figura 16**), se apreció que los primeros seis (6) componentes representaron el 89 por ciento de la variación total. El primer componente aportó el 26 por ciento, el segundo, el 20 por ciento, mientras que el sexto componente contribuyó con 6 por ciento de esta variación. El alto porcentaje de la variación total explicada por los primeros seis componentes sugirieron que contenían variables que discriminan bien a las líneas en estudio, véase el **Anexo V**.

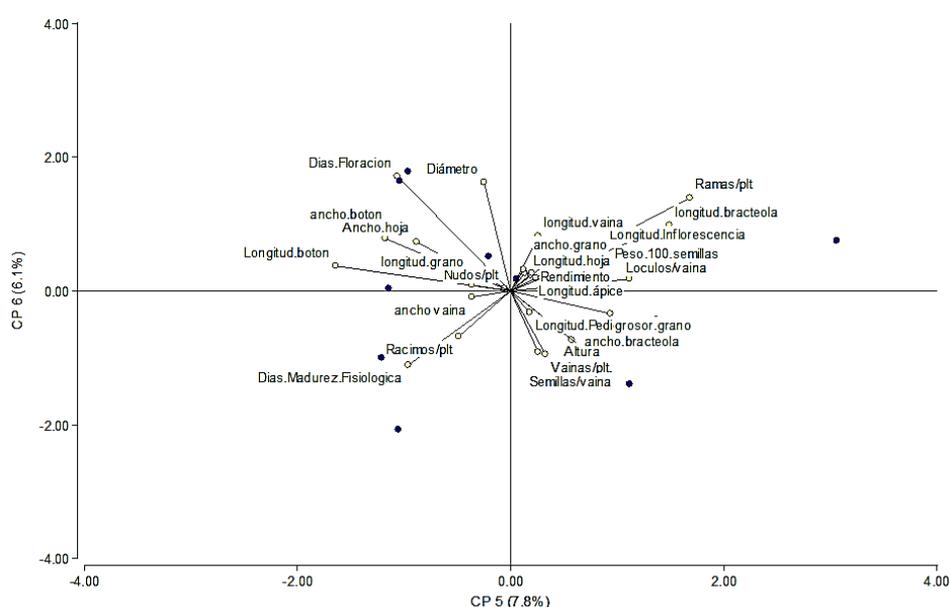


Figura 15. Componentes principales de variables evaluadas en el Ensayo I

Los caracteres cuantitativos que separan los cultivares en el primer componente incluyen peso de 100 semillas (coeficiente=0.33), ancho de grano (0.30), nudos por planta (0.31). Las características que más aportan en la discriminación en el segundo componente son ancho bractéola (-0.30), longitud de grano (-0.32) y persistencia de hojas (0.37). En el tercer componente la separación de las líneas se debió, en especial a las variables longitud de pedicelo, diámetro de tallo, longitud de ápice de vaina, vainas por planta (-0.31, -0.3, 0.3, 0.35 respectivamente). Las variables ancho de hoja (0.30), longitud de bractéola (0.30), racimos por planta (-0.31), días a madurez fisiológica (0.34) clasificaron a las líneas de fríjol en el cuarto componente; en el quinto componente la posición de vainas (0.5) y el vigor (-0.33); y en el sexto componente los días a floración (0.35) y curvatura de vaina (0.31) fueron los caracteres que mejor discriminaron las líneas de fríjol.

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 por vaina, tamaño de bractéola, longitud y ancho de grano, longitud de ápice, número de vainas por planta, longitud de pedicelo, diámetro de tallo, longitud de la vaina, días a madurez fisiológica y número de ramas por planta.

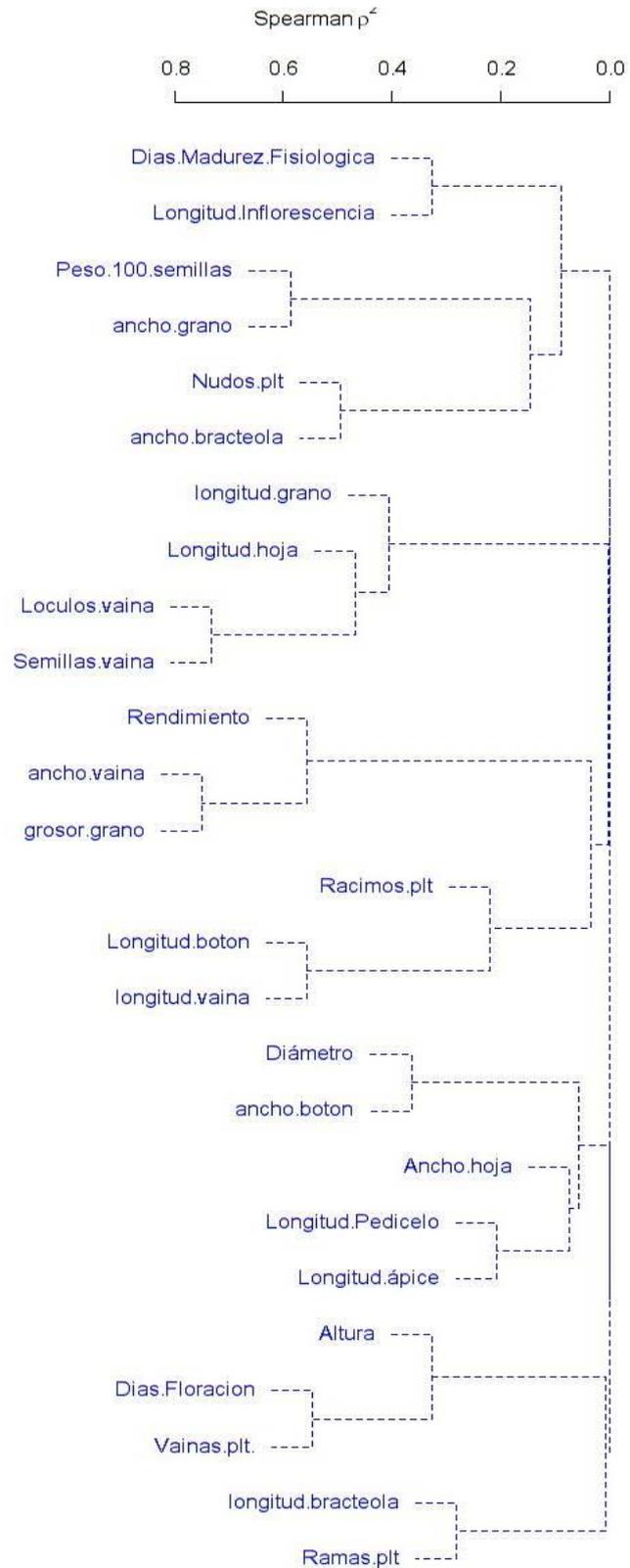


Figura 16. Diagrama de correlación (“var cluster”) en base al coeficiente de Spearman para variables cuantitativas Ensayo

4.2.1.2.4 Análisis de agrupamiento

Se establecieron relaciones de distancia entre pares de líneas, para luego conformar grupos mutuamente excluyentes y hacer inferencias de similitud como lo indica Chalfield y Collins (1986). En efecto se utilizaron las variables anteriormente identificadas en concordancia con lo expuesto 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. El dendograma se muestra en la **Figura 17**.

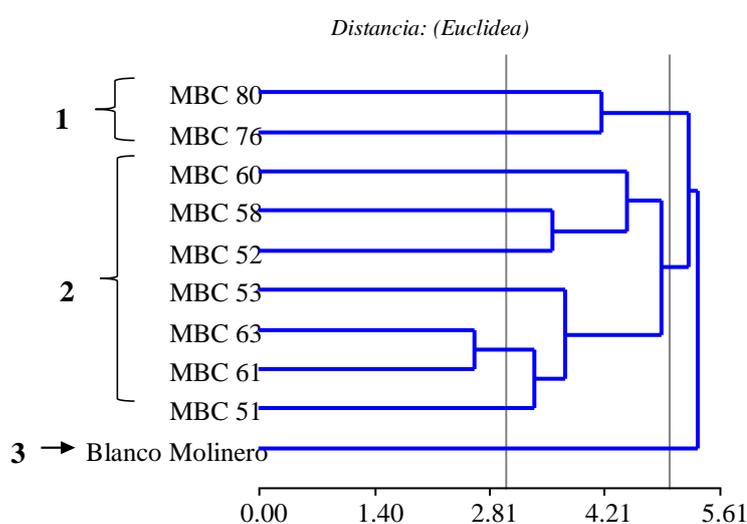


Figura 17. Denograma de líneas avanzadas de frijol blanco

En la **Figura 17** 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 4 granos por vaina como característica en común.

El grupo 2 MBC 58, MBC 51, MBC 52, MBC 53 (**Figura 18**), MBC 60, MBC 61 y MBC 63 que compartieron las siguientes características: 5 lóculos por vaina 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: forma triangular de hoja, 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 y 863 kg/ha, respectivamente.



Figura 18. Línea avanzada MBC 53
a. Planta, b. Vainas, c. Granos

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.

4.2.2 Evaluación de genotipos promisorios de fríjol amarillo (Ensayo II)

4.2.2.1 Variables cualitativas

Los resultados completos de la evaluación de características cualitativas se muestran en el **Anexo VI**. En forma resumida los resultados de la evaluación se indican en el **Cuadro 20**, los genotipos seleccionados presentaron similitudes como la ausencia de antocianinas, hoja de forma triangular, las hojas no persistieron al momento de la cosecha; sin embargo, para la línea MBC 109 la persistencia fue intermedia.

Todos los genotipos tuvieron botón floral con estandarte verde y alas blancas; la bractéola fue ovalada para los genotipos MBC 95 y MBC 111 mientras para las demás fue lanceolada; para todos los genotipos las vainas se distribuyeron en toda la planta, excepto para la línea MBC 111 y el testigo, las vainas estuvieron ubicadas en la parte superior; la sección transversal de la vaina fue de delgada a estrecha para la línea MBC 95, para las demás fue de elíptica a redondeada, el ápice de vaina fue marginal con orientación recta para MBC 108 mientras para el testigo fue hacia arriba, la fibra fue corácea, sutura de fibra la mitad de los genotipos fue poco hilachosa y moderadamente hilachosa para el resto de ellas y todos los genotipos tuvieron granos con hilium blanco y halo marrón.

Como se observa en el **Cuadro 20**, el color de las vainas fue amarillo oro a amarillo oscuro en el 70 por ciento de los genotipos, con vainas ligeramente curvas (50 por ciento), brillo del grano (50 por ciento), forma ovalada (60 por ciento) y un vigor intermedio entre bueno y pobre (70 por ciento); sin embargo, la línea MBC 111 presentó un excelente vigor.

Cuadro 20. Resultados de las variables cualitativas evaluadas en el Ensayo II

Genotipo	Color Clorofílico	Color Vaina	Curvatura Vaina	Color Semilla	Brillo Semilla	Forma Semilla	Vigor
MBC 87	Verde	Amarillo pálido- blanco	Ligeramente Curvo	Marrón claro-oscuro	Intermedio	Cuboide	Intermedio
MBC 95	Verde pálido	Oro- amarillo Oscuro	Curvado	Amarillo	Opaco		
MBC 97	Verde oscuro	Amarillo pálido-blanco			Intermedio		
MBC 102	Verde		Oro- amarillo Oscuro	Recto	Marrón claro-oscuro	Opaco	Ovalado
MBC 106	Verde pálido	Ligeramente curvo		Marrón		Brillante	
MBC 108	Verde	Recto			Marrón claro-oscuro		Brillante
MBC 109				Amarillo pálido- blanco		Ovalado	
MBC 110	Verde oscuro	Oro-amarillo Oscuro	Ligeramente curvo	Marrón	Brillante		Ovalado
MBC 111	Verde oscuro	Amarillo pálido- blanco		Amarillo		Marrón claro-oscuro	
PLVI 1-3	Verde pálido	Amarillo pálido- blanco	Ligeramente curvo	Marrón claro-oscuro	Brillante		Ovalado
Moda	Verde	Amarillo pálido- blanco		Amarillo		Marrón claro-oscuro	
Frec.	4	7	5	5	5		6
Porc. (%)	40	70	50	50	50	60	70

En cuanto a color se obtuvo dos clases, los genotipos MBC 95 y MBC 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 de Lima y en la sierra de Carhuaz y permitió reconocer que este material genético no se encontraba en generaciones avanzadas, donde los caracteres se encuentran fijos. La identificación de caracteres constantes y variables se muestra en el **Cuadro 21**.

Cuadro 21. Comparación de los caracteres cuantitativos en condiciones de costa y sierra del Perú de fríjol amarillo (Ensayo II).

Variables	Costa-Lima			Sierra-Carhuaz		
	Moda	Frec.	Porc.(%)	Moda	Frec.	Porc. (%)
Color clorofilico	Verde	5	56	Verde	4	44
Presencia de antocianinas	Ausencia	6	67	Ausencia	9	100
Forma de la hoja	Triangular	7	78	Triangular	9	100
Persistencia de hojas	Intermedio	5	56	No persisten	8	89
Color del estandarte	Blanco	7	78	Blanco	9	100
Color de las alas	Blanco	9	100	Blanco	9	100
Forma de la bractéola	Ovalada	6	67	Lanceolada	7	78
Posición de las vainas	Base	6	67	Toda la planta	8	89
Sección transversal de la vaina	Elíptica redonda	6	67	Elíptica redonda	8	89
Posición del ápice	Marginal	7	78	Marginal	9	100
Orientación del ápice	Hacia abajo	6	67	Hacia abajo	8	89
Color de la vaina	Oro a amarillo oscuro	5	56	Amarillo pálido a blanco	6	67
Curvatura de la vaina	Ligeramente curvo	6	67	Ligeramente curvo	4	44
Sutura de la vaina	Poco hilachosa	4	44	Poco hilachosa	4	44
Fibra de la vaina	Corácea	8	89	Corácea	9	100
Color de la semilla	Amarillo	6	67	Marrón claro a oscuro	5	56
Color del hilium	Marrón, blanco	3	33	Blanco con halo marrón	9	100
Brillo del grano	Intermedio	7	78	Brillante	4	44
Forma del grano	Ovalado	6	67	Ovalado	5	56
Vigor de la planta	Intermedio	5	56	Intermedio	6	67

Los caracteres variables se encuentran influenciados por el medio ambiente y por tanto tienen una baja heredabilidad (Camarena *et al.*, 2009), también concordaron con Vargas (1985) en donde el vigor de planta lo clasifico dentro de este grupo. Cabe resaltar que estos resultados solo son una aproximación a una clasificación de los caracteres puesto que las condiciones de evaluación y diseño fueron diferentes.

Según lo afirman Otálora *et al.* (2009) para fríjol reventón o ñuña los caracteres de color de alas, color de vaina y forma de semilla permiten obtener mayor información sobre los materiales en estudio.

4.2.2.2 Variables cuantitativas

4.2.2.2.1 Análisis de varianza (ANDEVA) y prueba de comparación de medias

Los resultados de la evaluación de los caracteres cuantitativos, discriminados por línea se encuentran en el Anexo VII, los resultados de los ANDEVA de los caracteres cuantitativos que se evaluaron en el fríjol amarillo se muestran en el **Cuadro 22**, para aquellas variables

que existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) o altamente significativas ($p < 0.01$) se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan (**Cuadro 23**).

Los coeficientes de variación para algunas variables fueron mayores que el 8 por ciento (Ligarreto y Martínez, 2002), lo cual indica que existió un amplio rango de dispersión entre los genotipos, en especial para el rendimiento, variable que obtuvo el mayor valor de coeficiente de variación, con 39.93 por ciento en comparación con los otros descriptores.

Según el ANDEVA realizado para cada una de las variables cuantitativas en estudio se obtuvieron diferencias significativas solo para algunas características. Para 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 9 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), los genotipos en estudio son fríjoles volubles precoces (DMF < 190 días) y en comparación con lo indicado por el PLGO (2014) estos materiales se comportan como precoces con reducción de un mes en el ciclo de cultivo, característica de importancia agronómica y de interés para el agricultor.

La variable altura de planta obtuvo diferencias altamente significativas en el ANDEVA y según la prueba de comparación de medias la línea MBC 102 presentó una altura (1.8m) mayor que los demás genotipos en especial que el testigo (1.0m). Para el carácter número de nudos, la línea MBC 102 presentó el mayor número de nudos (19), junto con los genotipos MBC 108 (18) y MBC 109 (17), por lo tanto se corrobora lo expuesto por Ligarreto y Martínez (2002) sobre la asociación de la altura y el número de nudos. Algunos de los caracteres que se consideran dentro de los componentes de rendimiento son los que determinaron Restrepo y Laing (1979) como son: 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.

Cuadro 22. Cuadrados medios de las variables evaluadas en fríjol amarillo- Ensayo II, obtenidos en los análisis de varianza (ANDEVA)

Fuente	Ancho hoja	Racimos/planta	Longitud inflorescencia	Longitud pedicelo	Longitud bractéola	Ancho bractéola	Granos/vaina	Peso 100 granos	Ramas/planta	Nudos/planta	Diámetro	Longitud ápice
Genotipos	0.86ns	20.90ns	0.34ns	0.08ns	0.03**	0.04**	1.75**	178.10ns	0.82**	18.65*	0.01ns	0.37ns
Bloque	0.17ns	9.43ns	0.20ns	0.01ns	0.01ns	0.01ns	0.32ns	96.12ns	0.01ns	9.44ns	0.02ns	0.18ns
Promedio	8.08	13.23	3.24	0.61	0.57	0.39	4.00	51.84	2.20	15.03	0.53	1.62
CV (%)	8.81	31.98	32.59	30.71	11.87	23.97	15.71	23.92	9.60	17.00	15.07	32.28

Continúa

Fuente	Longitud grano	Ancho grano	Grosor grano	Lóculos/vaina	Vainas/planta	Altura	Rendimiento	Longitud hoja	Longitud botón	Ancho botón	Longitud vaina	Ancho vaina
Genotipos	5.31**	0.87**	0.15ns	0.67	116.67**	1719.20**	73801.90*	3.72ns	0.02ns	0.01ns	2.05ns	0.03ns
Bloque	0.30ns	0.23ns	0.70ns	0.28	215.60**	632.38ns	137888.80ns	5.53ns	0.03ns	0.02ns	4.24*	0.07ns
Promedio	14.12	8.40	6.73	4.00	20.97	145.50	727.08	10.97	0.75	0.37	12.38	0.86
CV (%)	5.42	3.49	8.40	12.37	22.91	11.70	39.93	11.91	16.75	22.29	7.68	18.73

Cuadro 23. Prueba de comparación de medias de caracteres cuantitativos evaluados en el Ensayo II Prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Línea	Días a floración		Días a madurez fisiológica		Altura (cm)		Racimos/planta		Vainas/planta		Granos/ vaina		Peso 100 granos (gr)	
MBC 87	76	A	153	A	135.42	D	14	A	26	B	4	E	53.50	A
MBC 95	78	A	153	A	154.33	C	12	A	17	C	5	C	61.00	A
MBC 97	78	A	153	A	120.00	E	15	A	16	C	5	B	56.60	A
MBC 102	77	A	152	A	180.33	A	12	A	22	C	4	E	45.70	A
MBC 106	77	A	151	A	143.50	D	16	A	22	C	5	D	50.70	A
MBC 108	75	A	153	A	165.78	B	10	A	15	C	3	E	57.20	A
MBC 109	75	A	153	A	158.71	C	10	A	19	C	4	E	56.10	A
MBC 110	77	A	152	A	128.50	D	13	A	14	C	4	E	47.30	A
MBC 111	78	A	152	A	165.67	B	18	A	34	A	5	A	55.80	A
PLVI 1-3	77	A	153	A	102.73	E	12	A	26	B	3	E	34.50	A
Promedio	77.00		153.00		145.50		13.00		21.00		4.00		51.80	

Continua

Línea	Longitud bractéola (cm)		Ancho bractéola (cm)		Ramas/planta		Nudos/planta		Longitud de grano (cm)		Ancho de grano (cm)		Rendimiento (kg/ha)	
MBC 87	0.57	B	0.37	C	2	B	15	B	16.13	A	8.66	D	497	C
MBC 95	0.68	A	0.58	A	2	B	14	B	13.38	E	9.03	B	661	C
MBC 97	0.50	B	0.28	C	2	B	11	B	13.57	E	9.22	A	771	C
MBC 102	0.77	A	0.50	B	2	B	19	A	12.39	E	7.77	E	583	C
MBC 106	0.50	B	0.37	C	2	B	15	B	14.98	B	8.24	E	491	C
MBC 108	0.50	B	0.37	C	2	B	18	A	14.24	D	7.81	E	988	B
MBC 109	0.50	B	0.33	C	2	B	15	B	14.84	C	8.13	E	923	B
MBC 110	0.50	B	0.33	C	2	B	17	A	15.87	A	8.65	D	798	C
MBC 111	0.70	A	0.50	B	2	B	15	B	13.49	E	8.78	C	1256	A
PLVI 1-3	0.50	B	0.23	C	4	A	11	B	12.30	E	7.74	E	304	C
Promedio	0.57		0.39		2.00		15.00		14.12		8.40		727.08	

La variable granos por vaina tuvo diferencias altamente significativas en el ANDEVA y de acuerdo a la prueba de comparación de medias se obtuvo que los genotipos MBC 111, MBC 97 y MBC 95 tuvieron 5 granos mayor que el promedio de los genotipos de 4 granos. En cuanto al peso de 100 granos no se encontraron diferencias entre los genotipos, con un valor promedio de 51.83 gr, que según Camarena *et al.* (2009) se trata de granos de tamaño grande. El tamaño del grano se evaluó según sus tres dimensiones, la longitud y ancho de grano obtuvieron diferencias altamente significativas.

De acuerdo a la prueba de Duncan para la longitud del grano, los genotipos MBC 87 y MBC 110 tuvieron 16.13 mm y 15.87 mm respectivamente, superior a lo encontrado con los demás genotipos y la longitud del testigo que fue de 12.30 mm similar a lo encontrado en el genotipo MBC 102 con 12.39 mm. El ancho de grano fue mayor en el genotipo MBC 97 con 9.12 mm mientras que el testigo tuvo 7.74 mm similar al genotipo MBC 102 con 7.77 mm.

La variable ramas por planta obtuvo diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) y según la prueba Duncan el testigo fue el más prominente con 4 ramas, a diferencia de los genotipos que en promedio tuvieron 2 ramas. 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). El carácter de vainas por planta depende de la cantidad de flores que posea debido a la relación que existe entre ellas (Izquierdo y Hosfield, 1981) y a su vez la producción de flores es muy influenciada por factores bióticos, abióticos y mecánicos (Tanaka y Fujita, 1979).

Dadas las condiciones medio ambientales de Carhuaz, con deficiencia en precipitación, suelo ácido y pedregoso, favoreció la pérdida de flores. Sin embargo, los genotipos se pueden considerar promisorios para este carácter. 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.

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, otros genotipos con altos valores fueron MBC 108 (988 kg/ha) y MBC 109 (923 kg/ha.) valores mayores que el promedio (727 kg/ha) y el testigo PLVI 1-3 (304 kg/ha).

Según Lépiz y Valladolid (1991) el rendimiento se encuentra influenciado por el ambiente y cuando se siembra en asocio con maíz, la disminución del rendimiento de frijol es del 40 por ciento por la competencia de luz y espacio. En comparación con lo obtenido por ellos de un rendimiento en Cajamarca de 200 kg/ha, los genotipos se comportan como promisorios.

Sin embargo, según Martínez (1991) el frijol ñuña tuvo un rendimiento promedio de 1320 kg/ha en condiciones de sierra, por lo tanto el rendimiento de los genotipos es bajo, posiblemente a que las condiciones medio ambientales no favorecieron al cultivo y se esperaba que en condiciones óptimas de suelo y clima el potencial de los genotipos pueda mostrarse.

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. Otras variables como tamaño de hoja, número de racimos, tamaño de botón, longitud de inflorescencia, longitud de pedicelo, diámetro de tallo, longitud de ápice, grosor del grano, tamaño de la vaina y número de lóculos por vaina no tuvieron diferencias significativas. Los resultados de este ensayo se compararon con los resultados en condiciones de la costa de Lima, los resultados se muestran en el **Cuadro 24**.

Los caracteres fijos fueron aquellos en los que el promedio se mantuvo y el coeficiente de variación fue similar, aquellos caracteres que pertenecen a este grupo fueron: semillas por vaina, lóculos por vaina y ramas por planta. Los caracteres 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.

Estos resultados se confirman con lo encontrado en el ensayo I con líneas de frijol blanco y con lo expuesto por Vargas (1985) quien determinó que los caracteres variables fueron los días a floración, el número de vainas por plantas, rendimiento de grano y altura de planta. Sin embargo, según lo expuesto por 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. Según Bracho *et al.* (2010) existe una gran variación dentro de cada características y encontró diferencias dentro de las variables fenológicas, de acuerdo a los resultados expuestos se encontró que los días a floración y días a madurez fisiológicas estuvieron poco afectados por las condiciones medio ambientales no habiendo diferencias entre los genotipos.

Cuadro 24. Comparación de los caracteres cuantitativos en costa y sierra del Perú para fríjol amarillo Ensayo II.

Variables	Costa- Lima			Sierra-Carhuaz		
	Promedio	Desv.est	CV (%)	Promedio	Desv.est	CV (%)
Longitud de la hoja	9.60	1.44	15.02	10.87	1.13	10.41
Ancho de la hoja	6.53	0.77	11.76	8.10	0.57	6.98
Altura de la planta	115.41	43.12	37.36	150.25	19.77	13.16
Diámetro del tallo	0.43	0.08	19.05	0.53	0.07	13.93
Longitud de botón	0.67	0.06	8.32	0.75	0.09	12.17
Ancho de botón	0.39	0.11	27.11	0.36	0.04	10.82
Longitud de la bractéola	0.52	0.11	20.93	0.58	0.11	18.51
Ancho de la bractéola	0.41	0.19	46.22	0.40	0.10	24.67
Longitud de la inflorescencia	6.56	6.00	91.45	3.31	0.25	7.46
Longitud del pedicelo	0.66	0.29	43.45	0.61	0.17	27.58
Longitud de la vaina	11.82	0.68	5.78	12.51	0.76	6.06
Ancho de la vaina	1.12	0.15	13.02	1.15	0.83	71.86
Longitud del ápice	1.29	0.43	33.02	1.66	0.34	20.19
Peso de 100 semillas	57.19	8.88	15.53	53.77	4.99	9.28
Longitud del grano	1.35	0.08	6.22	14.32	1.24	8.64
Ancho del grano	0.82	0.09	11.28	8.48	0.52	6.08
Grosor del grano	0.72	0.16	22.73	6.78	0.16	2.30
Rendimiento de la planta	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

De acuerdo con Cerón *et al.* (2001) los caracteres nudos por planta, altura, vainas por planta, peso de 100 semillas, días a floración y granos por vaina tienen un gran aporte de la constitución genética del material evaluado, por lo tanto las variaciones observadas dependieron del efecto ambiental. En relación con Ligarreto *et al.* (2013) encontró mayor variabilidad para el peso de 100 granos, longitud de la vaina, longitud del ápice, nudos por planta, vainas por planta y días a madurez fisiológica, resultados que concuerdan con lo obtenido en este ensayo.

4.2.2.2 Correlación de las variables cuantitativas en estudio

El grado de correlación tuvo coeficientes positivos y negativos con significancia. Se resaltan las variables tamaño del botón floral, longitud de la bractéola, brillo de la semilla, longitud de la inflorescencia, orientación del ápice, ancho de la vaina, número de racimos por planta, número de granos y lóculos por vaina, por alcanzar los valores más altos en sus coeficientes, los cuales estuvieron entre -0.84 y 0.86 que fueron altamente significativos ($p < 0.01$). La correlación entre las variables cuantitativas en estudio se muestra en el **Cuadro 25**. Las correlaciones de mayor interés fueron: la correlación entre el número de nudo por planta, el número de ramas y la altura corroborado por Ligarreto y Martínez (2002), la importancia que tiene el número de ramas es que repercute en el vigor de la planta y por ende en la capacidad fotosintética de la planta como afirma Ligarreto (2013).

Las variables número de lóculos y granos por vaina estuvieron altamente correlacionadas debido a que el número de lóculos es el potencial de formación de granos y el número de granos es uno de los componentes de rendimiento. También se encontró correlación entre el peso de 100 semillas y el número de granos por vaina, además del número de ramas por planta, lo que nos 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. La correlación existente entre las variables se comparó con lo obtenido en el “*var cluster*” que se muestra en la **Figura 19** corroborando la relación existente entre el número de lóculos y el número de granos por vaina con un coeficiente de Spearman cercano a 1, a su vez estas variables se relacionaron con el ancho del grano con un coeficiente de 0.6.

4.2.2.3 Análisis de componentes principales

En el análisis de componentes principales (**Figura 20**), se aprecia que los primeros seis (6) componentes representan el 90 por ciento de la variación total. El primer componente aportó el 29 por ciento, el segundo, el 20 por ciento, mientras que el sexto componente contribuyó con 6 por ciento de esta variación. El alto porcentaje de la variación total explicada por los primeros seis componentes sugiere que ellos contienen variables que discriminan bien a los genotipos en estudio.

Cuadro 25. Matriz de correlación de variables cuantitativas del Ensayo II, a partir del coeficiente de Pearson. Probabilidades p (<0.05)

	Longitud hoja	Ancho hoja	Días a floracion	Días madurez fisiologica	Altura	Diámetro	Nudos/ planta	Longitud boton	Ancho boton	Longitud bractéola	Ancho bractéola	Racimos/ planta	Longitud Inflorescencia	Longitud Pedicelo	Longitud vaina	Ancho vaina	Longitud ápice	Vainas/ planta	Lóculos/ vaina	Semillas/ vaina	Peso 100 semillas	Longitud grano	Ancho grano	Grosor grano	Ramas/ planta	
Ancho.hoja	0.15																									
Dias.Floracion	0.59	0.88																								
Dias.Madurez.Fisiologica	0.61	0.79	0.44																							
Altura	0.61	0.76	0.54	0.54																						
Diámetro	0.21	0.92	0.72	0.50	0.12																					
Nudos/planta	0.11	0.48	0.27	0.23	0.01	0.13																				
Longitud.boton	0.58	0.15	0.22	0.61	0.16	0.17	0.69																			
ancho.boton	0.16	0.60	0.98	0.86	0.19	0.38	0.15	0.95																		
longitud.bracteola	0.23	0.39	0.22	0.65	0.05	0.01	0.30	0.00	0.33																	
ancho.bracteola	0.14	0.39	0.36	0.57	0.01	0.08	0.17	0.01	0.31	0.00																
Racimos/planta	0.99	0.26	0.03	0.06	0.76	0.70	0.58	0.77	0.92	0.56	0.67															
Longitud.Inflorescencia	0.77	0.17	0.98	0.98	0.06	0.40	0.39	0.75	0.01	0.28	0.11	0.82														
Longitud.Pedicelo	0.20	0.05	0.90	0.89	0.19	0.27	0.11	0.38	0.92	0.29	0.15	0.20	0.93													
longitud.vaina	0.48	0.70	0.16	0.56	0.22	0.95	0.18	0.55	0.08	0.81	0.47	0.13	0.04	0.37												
ancho.vaina	0.39	0.19	0.69	0.36	0.14	0.12	0.15	0.05	0.34	0.02	0.24	0.98	0.90	0.49	0.49											
Longitud.ápice	0.78	0.83	0.93	0.23	0.48	0.39	0.99	0.63	0.20	0.87	0.73	0.34	0.12	0.45	0.09	0.65										
Vainas/planta	0.69	0.28	0.50	0.54	0.86	0.05	0.76	0.44	0.56	0.23	0.62	0.09	0.92	0.46	0.18	0.77	0.06									
Loculos/vaina	0.72	0.35	0.06	0.44	0.56	0.75	0.53	0.33	0.40	0.38	0.22	0.07	0.08	0.34	0.98	0.94	0.35	0.86								
Semillas/vaina	0.79	0.32	0.08	0.38	0.26	0.73	0.83	0.23	0.45	0.16	0.08	0.04	0.05	0.55	0.95	0.85	0.48	0.42	0.00							
Peso.100.semillas	0.98	0.61	0.91	0.61	0.16	0.57	0.76	0.89	0.28	0.73	0.16	0.92	0.02	0.97	0.09	0.44	0.05	0.49	0.07	0.05						
longitud.grano	0.47	0.35	0.24	0.72	0.79	0.45	0.54	0.09	0.36	0.17	0.58	0.90	0.54	0.24	0.18	0.24	0.80	0.55	0.91	0.77	0.39					
ancho.grano	0.61	0.44	0.07	0.79	0.58	0.49	0.24	0.95	0.34	0.85	0.53	0.14	0.21	0.30	0.82	0.35	0.34	0.86	0.02	0.05	0.08	0.47				
grosor.grano	0.79	0.63	0.48	0.28	0.22	0.76	0.39	0.95	0.04	0.62	0.44	0.45	0.07	0.94	0.48	0.42	0.07	0.29	0.04	0.07	0.15	0.79	0.26			
Ramas/planta	0.61	0.81	0.89	0.56	0.03	0.94	0.19	0.62	0.08	0.40	0.10	0.61	0.03	0.84	0.23	0.63	0.26	0.58	0.07	0.05	0.00	0.27	0.24	0.02		
Rendimiento	0.89	0.12	0.87	0.98	0.12	0.53	0.39	0.50	0.12	0.68	0.41	0.69	0.01	0.68	0.14	0.63	0.06	0.88	0.35	0.16	0.06	0.78	0.47	0.11	0.13	

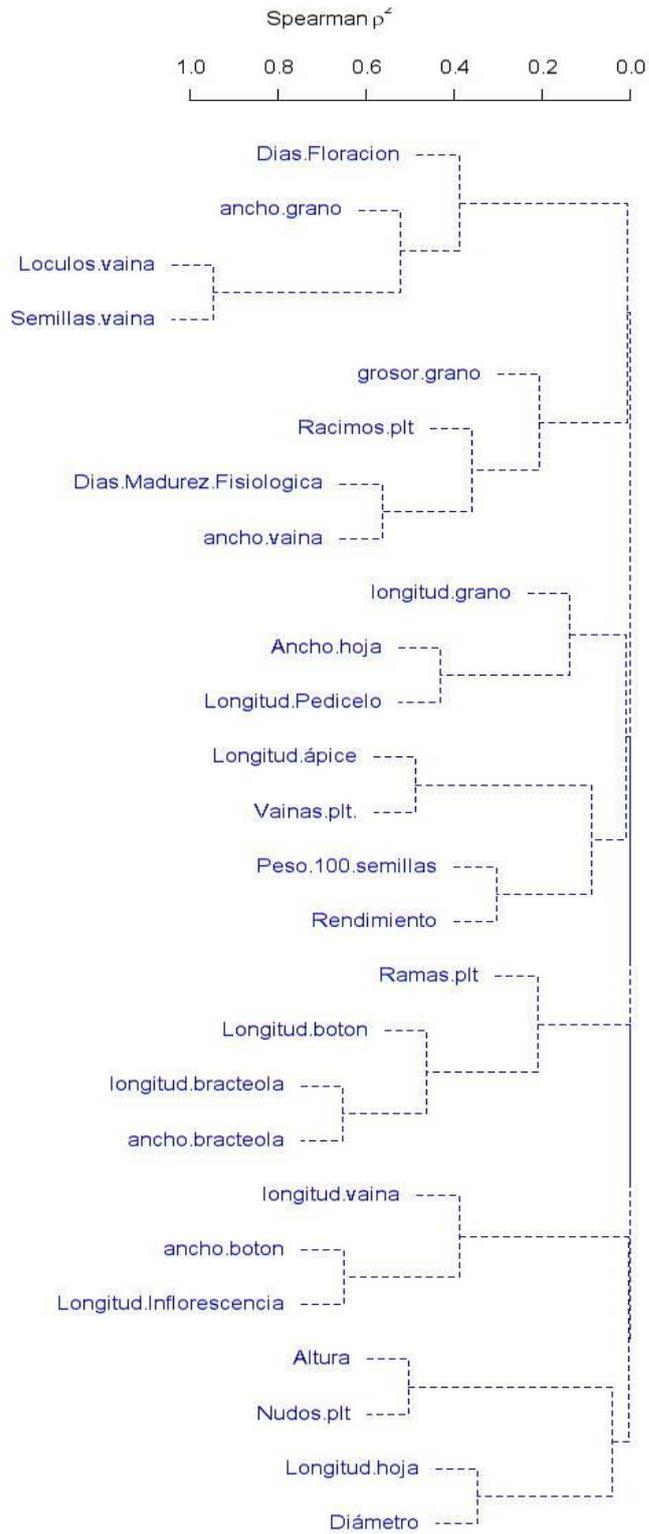


Figura19. Diagrama de correlación (“*var cluster*”) en base al coeficiente de Spearman para variables cuantitativas Ensayo II

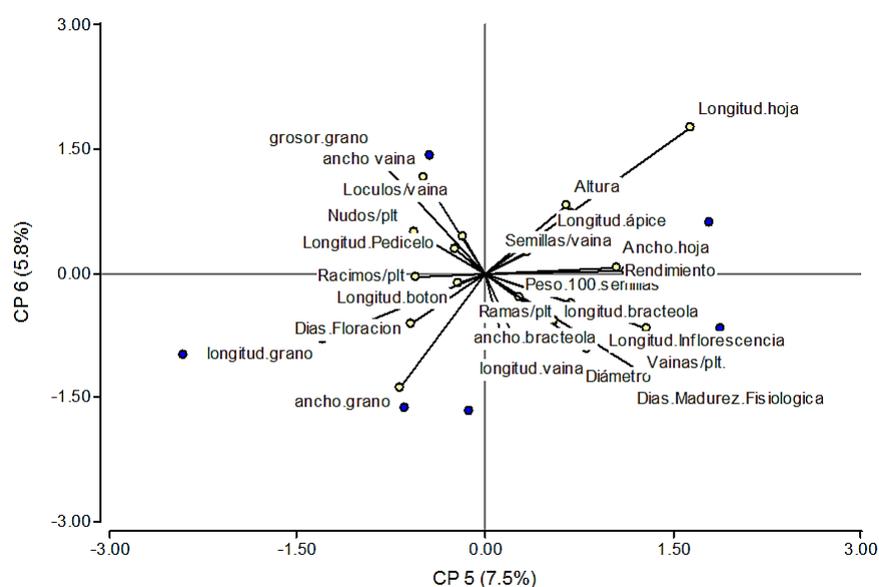


Figura 20. Análisis de componentes principales para fríjol amarillo

Los caracteres cuantitativos que separan los genotipos en el primer componente incluyen altura de planta (coeficiente=-0.27), ancho de bractéola (0.29), granos por vaina (0.28) y grosor de grano (0.27). Las características que más aportaron en la discriminación en el segundo componente fueron diámetro de tallo (0.31), longitud de botón (-0.31) y ancho de vaina (0.32). En el tercer componente, la separación de los genotipos se debió, en especial a las variables días a floración y longitud de vaina (0.35,-0.34 respectivamente).

En el cuarto componente las variables que más influyeron fueron ancho de hoja (0.35), días a madurez fisiológica (-0.31), longitud de ápice (-0.33), vainas por planta (0.32) y longitud de grano (0.34). Las variables longitud de hoja (0.42) clasificó a los genotipos de fríjol en el quinto componente. Por último, en el sexto componente la variable ancho de grano (-0.35) explicó en mayor parte la variación de los genotipos. 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.

4.2.2.2.4 Análisis de agrupamiento

Para establecer las relaciones de distancia entre pares de genotipos y conformar grupos mutuamente excluyentes y hacer inferencias de similitud se construyó un dendograma mediante el método de distancia promedio-UPGMA (Chalfield y Collins, 1986). En concordancia con Ligarreto y Martínez (2002) las variables cuantitativas que con coeficientes de repetibilidad altos ($r > 1$) se seleccionaron para discriminar la similaridad de accesiones de frijol fueron la longitud del ápice de las vainas, el número de vainas por planta, días a maduración fisiológica y longitud de las vainas, variables cuantitativas que permanecen constantes en diferentes ambientes.

En la **Figura 21**, a cinco unidades de distancia euclidiana aparecen tres grupos: el primer grupo corresponde al testigo PLVI1-3 que tuvo una altura de 1 m, con 3 granos por vaina en promedio, tamaño de grano pequeño y 34.47 gr peso de 100 granos y posición de vainas en la parte superior de la planta.

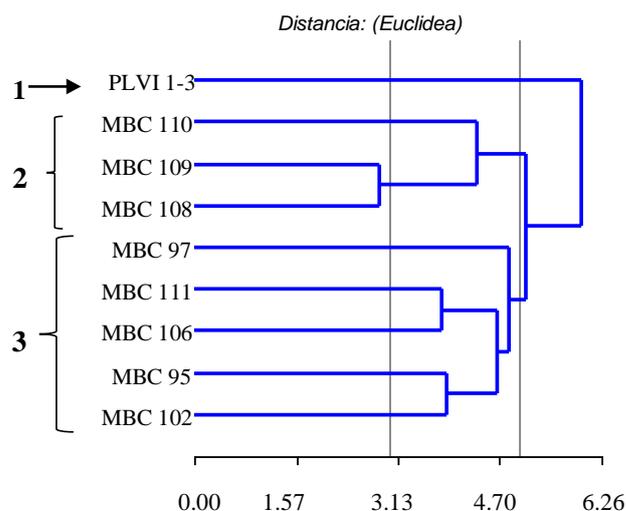


Figura 19. Dendograma de genotipos promisorios de frijol amarillo

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 53.5 gr peso de 100 semillas y rendimiento promedio de 906 kg/ha.

El tercer grupo estuvo conformado por MBC 97, 111 (**Figura 22**), 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, características superiores que el resto de los genotipos. Según el dendograma el genotipo MBC 106 se asemeja al genotipo MBC 111 a una distancia euclidiana de cuatro, con características comunes como el número de racimos por planta (17).



Figura 20. Genotipo MBC 111, a. Planta, b. Vainas, c. Granos tipo pinto, d. Granos tipo canario.

A una distancia euclidiana de tres existe una mayor relación entre los genotipos MBC 108 y 109 con 10 racimos por planta que corresponde al valor más bajo entre 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.

4.3 EVALUACIÓN DE SINTOMAS DE VIRUS EN CAMPO

4.3.1 Síntomas de virus observados en los ensayos de Carhuaz

A los ensayos I de frijol blanco y II de frijol amarillo instalados en la sierra se les evaluó la presencia de síntomas virales como mosaicos y deformaciones y fue ejecutado por el Mg. Sc. Eusebio Reyes Huamán de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo de la ciudad de Huaraz. Los resultados completos de la evaluación se muestran en los **Anexos VIII** y **IX**, los resultados resumidos de la evaluación en campo realizada a los 84 días después de la siembra se muestran en el **Cuadro 26**.

Cuadro 26. Síntomas de virus en condiciones de Carhuaz- Ancash para fríjol blanco

Línea	Severidad (%)	Calificación
MBC 51	0	Ausentes
MBC 52	0	Ausentes
MBC 53	3	Dudosos
MBC 58	0	Ausentes
MBC 60	0	Ausentes
MBC 61	0	Ausentes
MBC 63	0	Ausentes
MBC 76	0	Ausentes
MBC 80	3	Dudosos
Blanco Molinero	3	Dudosos

De acuerdo a los resultados obtenidos en el **Cuadro 26**, 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 por ciento (**Figura 23**).

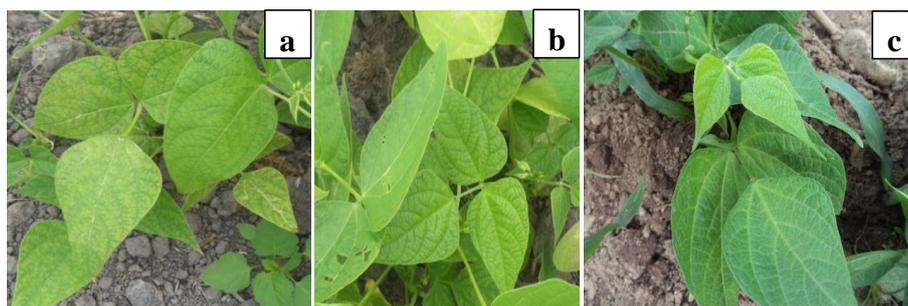


Figura 21. Síntomas de los virus
a. Moderados, b. Débiles, c. Ausentes.

Los genotipos de grano amarillo evaluados en el Ensayo II (**Cuadro 27**) presentaron una mayor presencia de virus en comparación con lo encontrado en las líneas de fríjol 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 (PLVII-3) y los genotipos MBC 109 y MBC 111 no presentaron síntomas.

Cabe resaltar que el buen comportamiento de los materiales se deriva del hecho que el principal objetivo de mejoramiento en las series MAC y MBC, de las cuales se originaron las líneas avanzadas en estudio, fue precisamente la incorporación de resistencia a enfermedades fúngicas, como antracnosis, mancha angular y también virales, específicamente resistencia al BCMV (FONTAGRO, 2004; IICA y FONTAGRO, 2007).

Cuadro 27. Síntomas de virus en condiciones de Carhuaz- Ancash para fríjol amarillo

Línea	Severidad (%)	Calificación
MBC 87	29	Moderados
MBC 95	4	Dudosos
MBC 97	5	Dudosos
MBC 102	5	Dudosos
MBC 106	14	Débiles
MBC 108	8	Dudosos
MBC 109	0	Ausentes
MBC 110	14	Débiles
MBC 111	0	Ausentes
PLVI1-3	0	Ausentes

Es posible que el virus encontrado en campo sea el BCMV (*Bean Common Mosaic Virus*) porque es el virus más importante que ataca fríjol 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 and Bos, 1988).

Las causas del comportamiento de las líneas de grano blanco posiblemente sean: que hubo 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). Además, el hecho de que estos genotipos poseen los genes de resistencia al BCMV. Los síntomas observados en campo fueron principalmente mosaicos (**Figura 24**), es decir, la presencia de áreas de color verde oscuro bien definidas sobre un fondo verde claro, que se distribuyeron irregularmente sobre la lámina foliar a lo largo de las nervaduras. Las hojas trifoliadas mostraron áreas irregulares cloróticas distribuidas en forma de mosaico irregular o franjeado de las nervaduras secundarias. De acuerdo a Conti *et al.* (2000) los síntomas observados no son tan graves y no afectan significativamente el rendimiento del fríjol.

Deformación de hoja



Necrosis de nervaduras



Mosaico



Figura 22. Síntomas de virus en fríjol

Los síntomas de BCMV se manifiestan con mayor claridad a temperaturas de 20-25 °C, por lo cual la temperatura de 14°C de Carhuaz pudo influir en la expresión de los síntomas, la importancia del virus radica en que las infecciones severas pueden causar un 54 por ciento de pérdidas en el número de vainas y 68 por ciento en el rendimiento de semilla (Allen, 1983).

4.3.2 Síntomas de virus evaluados en invernadero

Las muestras recolectadas en campo con síntomas de virus fueron evaluadas en condiciones de invernadero a una temperatura promedio de 22°C. Los resultados obtenidos se muestran en el **Cuadro 28**.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las variedades susceptibles Red Kidney y Bountiful fueron apropiadas para la multiplicación del inóculo de virus del fríjol, las plantas no murieron y permitieron incrementar el inóculo, aunque después de la multiplicación muchas de las muestras no mostraron síntomas, debido posiblemente a la baja cantidad del inóculo; sin embargo, la variedad Bountiful permitió observar mejor la sintomatología

Cuadro 28. Sintomatología de virus evaluada en invernadero

Muestra	Procedencia	Sintomatología			
		Red Kidney	<i>P. acutifolius</i>	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 hojas	ns	Mosaico
5	Fríjol	Huaral, Lima	Mosaico	Mosaico	Mosaico
6	Canario centenario	Pachacamac	Mosaico	ns	ns
7	PLVII-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

Todas las muestras también fueron inoculadas sobre el diferencial Stringless Green Refugee, el cual es susceptible a todos los patotipos del virus BCMV. Las muestras 2, 3, 4, 6 y 9 desarrollaron síntomas de mosaico, mientras que las muestra 1 y 8 ocasionaron mosaico y deformación de hojas, la muestra 11 se observó enanismo de la planta en comparación con el testigo (planta sin inocular). Con las muestras 5, 7 y 10 no se observaron síntomas.

V. CONCLUSIONES

1. En la caracterización fenotípica de las 63 líneas avanzadas de fríjol los caracteres cualitativos de mayor importancia fueron la curvatura de vaina, persistencia de hojas, posición de vainas, color de grano y vigor de planta.
2. En los ensayos para fríjol 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.
3. La sintomatología viral observada en campo puede deberse al virus del mosaico común del fríjol, de acuerdo a la evaluación en invernadero el diferencial Bountiful permite discriminar mejor la sintomatología de los aislamientos colectados.

VI. RECOMENDACIONES

- Seleccionar y evaluar el comportamiento agronómico de líneas pertenecientes a los 34 grupos mostrados en el Análisis de Conglomerados de las 63 líneas avanzadas evaluadas.
- Realizar ensayos agronómicos en otras localidades utilizando las 18 líneas promisorias evaluadas en Carhuaz.
- Investigar sobre los virus presentes en las diferentes zonas productoras de frijol en el Perú y determinar el nivel de resistencia de las líneas avanzadas.
- Utilizar la Selección Asistida por Marcadores Moleculares (MAS) como estrategia de selección para identificar la presencia de los genes de resistencia a virus como el gen *I*, *bc-3*, *bc-2*, etc.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Allen D. 1983. The pathology of tropical food legumes, disease resistance in crop improvement. John Wiley and sons. 430 p.
- Angulo N. 1986. Comportamiento agronómico de selecciones avanzadas de frijol voluble con maíces en asocio y en unicultivo. Tesis Mg. Sc. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, CO. 89 p.
- Arias J., Jaramillo M. y Rengifo T. 2007. Manual técnico de Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Frijol Voluble. Corpoica – Mana. FAO. 168 p.
- Ballesteros M. y Lozano A. 1994. Evaluación de la fijación de nitrógeno por cepas de *Rhizobium* que nodulan frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Colombiana de química. Bogotá, CO. 23 (2): 17-28.
- Barrera J. y Álvarez J. 1998. Caracterización y evaluación preliminar de 261 accesiones de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) recolectadas en diferentes localidades de Nicaragua. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 25-33 p.
- Bidwell R. 1979. Fisiología vegetal. Primera Edición Español. Ast. México. 784 p.
- Blair M., Rojas M., Alexander F., Kimani P., Chirwa R., Musoni A. & Namayanja A. 2010. Breeding of climbing beans for biotic resistance and nutritional quality. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 1 p.
- Blandón L. y Arvizú J. 1992. Problemática de los cultivos básicos. Universidad de Chapingo, MX. 50 p.
- Bohlool B., Ladha J., Garrity D. & George T. 1992. Biological nitrogen fixation for sustainable agriculture: A perspective. Plant and Soil. 141: 1-11.
- 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. Universidad Nacional Agraria, PE. 32 p.

- Bracho B., Anaude O. & Lozada B. 2010. Fenología de cultivares locales de fríjol y arveja del municipio Rafael Urdaneta, Estado Táchira, Venezuela, basada en grados día. *Agronomía Trop.* 60 (2): 171-175.
- Bruno A. 1990. Leguminosas Alimenticias. Editorial Fraele S.A. 65 p. Fuente Original: Zarate, V. 2000. Adaptación preliminar de 49 genotipos de fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de Costa Central. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria La Molina, PE. 86 p.
- Camarena F., Huaranga A. & Mostacero E. 2009. Innovación Tecnológica para el Incremento de la Producción de Fríjol Común (*Phaseolus vulgaris* L). Primera Edición. UNALM, CONCYTEC. 232 p.
- _____. 2010. Mejoramiento Genético de especies del género *Phaseolus* mediante metodologías convencionales e innovadoras con el fin de incrementar la producción y la oferta exportable del Fríjol Común (*Phaseolus vulgaris* L). Primera Edición. UNALM, CONCYTEC. 284 p.
- CANDRES Export-Import. 2015. Nuestros productos: Fríjol Light Red Kidney (en línea). Consultado en junio 2015. Disponible en: http://www.candres.com.pe/productos_fríjol_lightred-kidney.html.
- Cerón L., Ligarreto G., Moreno M. & Martínez W. 2001. Selección de variables cuantitativas y clasificación de 22 accesiones de fríjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) Revista Corpoica, CO. 3(2):31-38.
- Chalfield C & Collins A. 1986. Introduction to multivariate analysis. 3a edition. Chapman and Hall. New York, U.S.A. 246 p.
- Checa O. & Blair M. 2003. Trait correlations in climbing beans. Annu. Rpt. Bean Imp. Coop. (46):15-16.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1980. Diversidad genética de las especies cultivadas del género *Phaseolus*. 52 p.
- _____. 1983. Metodología para obtener semilla de calidad. Arroz, fríjol, maíz, sorgo. Primera Edición. Cali, CO. 119 p.
- _____. 1984. Morfología de la planta de fríjol común. Cali, CO. 56 p.
- _____. 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de fríjol. Cali. 56 p.
- _____. 1989. Progreso en la investigación y producción de fríjol común. Cali. 462 p.

- _____. 1993. Bean Program Annual Report. Cali, CO.
- _____. 2006. Annual Report: Project IP-1. Bean Improvement for the Tropics. 304 p.
- _____. 2012. Mejoramiento Genética para el manejo de enfermedades que afectan al cultivo de fríjol en Colombia. Fuente audiovisual. Santana, G. CORPOICA, CIAT, FONTAGRO. MINADR.
- _____. 2015. Programa de Fríjol para Latinoamérica. Pedigree y características de importancia de líneas avanzadas.
- Coelho R. & Sgarbieri V. 1995. Methionine liberation by pepsin pancreatin hydrolysis of bean protein fractions: Estimation of methionine bioavailability. *J. of Food Bioch.* 18: 311-324.
- Conti M., Gallitelli D., Lisa V., Lovisollo O., Martelli G., Ragozzino A., Rana G. & Vovlas C. 2000. Principales Virus de las Plantas Hortícolas. ES. Ediciones Mundi. Prensa.
- Cruz J., Camarena F., Baudoin J., Huaranga A. & Blas R. 2009. Evaluación agromorfológica y caracterización molecular de la ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.). *IDESIA*. 27(1): 29-40.
- Danso S. & Eskew L. 1982. Aumento de la capacidad de fijación biológica del nitrógeno. *Agricultura y alimentación. OIEA Boletín*. 26(2): 29-33.
- Davis J. 1985. Conceptos básicos de genética de fríjol. En: Fríjol: Investigación y producción. Primera Edición. Editado por: Fernández, F y Van Schoonhoven, A. CIAT, Cali, CO. 86 p.
- Del Carpio R. 1983. Informe Annual del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas de la Universidad Nacional Agraria La Molina, PE. 80 p.
- Díaz J. 1999. Evaluación de la proteína en 5 variedades de fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y sus relaciones con el contenido de taninos. Tesis Mg. Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina. PE. 196 p.
- Drijfhout E. & Bos L. 1977. The identification of two new strains of bean common mosaic virus. *Netherlands Journal Plant Pathology*. (83):13-25 p.
- Drijfhout E., Silbernagel M., & Burke D. 1978. Differentiation of strains of bean common mosaic virus. *Neth, J. Plant. Pathol.* 84: 13-26.

- Duque F., Neves M., Franco A., Victoria R. & Boddey R. 1985. Plant and soil. 88: 335-343.
- Enríquez A. 1977. Mejoramiento genético sobre otros factores limitantes de la producción de fríjol, diferente de enfermedades e insectos. CATIE, CR. 15-27 p.
- Escoto N. 2011. El cultivo del fríjol. Secretaría de Agricultura y Ganadería: Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Tegucigalpa. MX. p 19.
- Espinoza E. 2009. Evaluación de 16 genotipos seleccionados en dos densidades de fríjol canario cv. Centenario (*Phaseolus vulgaris* L.) por su calidad y rendimiento en condiciones de costa central. Tesis Ing. Agr. Universidad Agraria La Molina, PE. 179 p.
- FAO (FAOStat). 2014. Estadísticas sobre producción, área cosechada, rendimiento y áreas de siembra en Perú (en línea). Consulta: junio de 2014. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>.
- _____. 2015. Estadísticas sobre producción, área cosechada, rendimiento y áreas de siembra en Perú (en línea). Consulta: mayo de 2015. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 1983. World Food Security: a Reappraisal of the Concepts and Approaches. Director Generals Report, Rome, IT.
- _____. 1985. Energy and Protein Requirements (Report of a joint FAO/ WHO expert consultation. World Health Organization Tech., Rep. Ser. No. 724. Génova.
- _____. 2009. Consumo Per Cápita de fríjol (en línea). Consulta: Junio de 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/>
- FENALCE (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, CO). 2009. Avanza proyecto de investigación adaptativa en fríjol. El Cerealista. Febrero- Marzo. En: www.fenalce.org.co/arch_public/gestion4.pdf. Consulta: mayo, 2015.
- _____, CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO), Universidad del Valle, FIDAR (Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola, CO). 2007. ¡Viva bien, coma fríjol! (en línea). Consulta: mayo de 2015. Disponible en: http://www.ciat.cgiar.org/beans/pdfs/folleto_viva_bien.pdf.
- FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, CO). 2004. Proyecto FTG-9/99. Selección de gametos para el mejoramiento de la resistencia a enfermedades en

fríjol voluble autóctono de la región alto andina. Consulta: abril 2015. Disponible en: http://www.fontagro.org/sites/default/files/stecnico/pp_IST_99_09_0.pdf.

- Franco T & Hidalgo R. 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico N°.8. IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos), Cali, CO. 89 p.
- Fribourg C. 2007. Virus, Viroides y Mollicutes de las Plantas Cultivadas en el Perú. Primera Edición. 93-103.
- Gámez R., Osoreo A. & Echandi E. 1970. Una raza nueva del virus del mosaico común del fríjol. Turrialba, CR. 20 (4): 397-400.
- Giacconi V. 1989. El cultivo de hortalizas. Editorial Universitaria. 6ta Edición. Santiago, Chile. 307 p.
- Giller K. 1990. Assessment and improvement of nitrogen fixation in tropical *Phaseolus vulgaris* L. Soil use and Management. 6 (2): 82-84.
- Giraldo G. 1973. Metodología para la descripción varietal de fríjol común y maíz. Copia mimeografiada del Curso Leguminosas de Grano.
- 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.
- Goodman M., & Paterniani E. 1969. The races of maize III choices appropriate characters for racial classification. Econ. Bot. 23: 265-273.
- Goodwing B. 1978. Maduration of bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) University of Sidney. New South Wales, AU.
- Google Earth. 2015. Imágenes satelitales de los lotes estudiados. Us Dept os State Geographer. Software.
- Graham P. & Halliday J. 1977. Inoculation and nitrogen fixation in the genus *Phaseolus* In: Vincent, J; Whitney, A and Bose, J (eds.), Exploiting the Legume – *Rhizobium* Symbiosis in Tropical Agriculture, Univ. Hawaii Coll, Trop, Agric. Misc. Publ. 145: 313-334.
- Graham P. & Temple S. 1984. Selection for improved nitrogen fixation in *Glycine max* (L) Merr and *Phaseolus vulgaris* L. Planta and soil. 82: 315-327.

- Hair J., Anderson R., Tatham R. & Black W. C. 1992. Multivariate data analysis. Macmillan Publ. Co., Nueva York, USA. 544 p.
- Hernández J. 1975. Introducción de plantas y de germoplasma de *Phaseolus vulgaris* y de otras leguminosas de grano comestible. Servicios sobre el potencial del fríjol y de otras leguminosas de grano comestible en América Latina. Cali. CO.
- Huamán M. & Cortez W. 2001. Evaluación nutricional de cuatro variedades peruanas de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.). Anales Científicos. UNALM, PE. 111-130 p.
- IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources, IT).1982. Descriptors for *Phaseolus vulgaris*. Roma. Italy. 32 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, MX), FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, CO). 2007. Alianzas y resultados de proyectos regionales de investigación agropecuaria en América Latina y el Caribe (en línea). San José, CR.: IICA. 68 p. Consulta: abril de 2015. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/b0516e/b0516e.pdf>.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, PE). 2005. X Censo Nacional de Población y V de vivienda, Ayacucho; p. 35 – 40.
- _____. 2012. Consumo per cápita de los principales alimentos 2008 - 2009. Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares (ENAPREF). Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales. PE. 117 p.
- Izquierdo J. & Hosfield G. 1981. Colección de germoplasmas para fines del estudio de la abscisión en fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Crop. Sci. 21(4): 622-625.
- Johnson R. & Wichern D. 1988. Applied multivariate statistical analysis. 2a Edition. Prentice Hall, Englewood, New Jersey, U.S.A. 607 p.
- Koo W. 2015. Frejol canario exportación 2014 y 2015 (en línea). Consulta: mayo de 2015. Disponible en: <http://www.agrodataperu.com/2015/01/frejol-canario-peru-exportacion2014.html>.
- Laing D. 1979. Adaptación del fríjol común. En V curso Internacional de Adiestramiento Post – Graduación en Investigación para la producción del fríjol. Cali. CO.
- Lépiz R. & Valladolid A. 1991. Sistemas de producción de fríjol en la sierra peruana. En: An ecoregional framework for bean germplasm development and natural resources research. CIAT. 177-183.

- Ligarreto A. 2003. Caracterización morfológica de germoplasma. Estudios de casos: Análisis de la variabilidad genética en fríjol. En: Franco, T e Hidalgo, R. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico 8. IPGRO. Roma, IT. 40-49 p.
- Ligarreto G. & Martínez O. 2002. Variabilidad y genética en fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.): Análisis de variables morfológicas y agronómicas cuantitativas. Agronomía Colombiana, CO. 19 (1-2): 69-80.
- Ligarreto G. 2013. Componentes de variancia en variables de crecimiento y fotosíntesis en fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Rev.udcaactual.divulg.cient. 16 (1): 87-96.
- López J. & Ligarreto G. 2006. Evaluación por rendimiento de 12 genotipos promisorios de fríjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo bola roja y reventón para las zonas frías de Colombia. Agronomía colombiana. 24(2): 238-246.
- López M. 1986. Comportamiento de 8 variedades de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en los ambientes de la Costa Central del Perú. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria La Molina. PE. 95 p.
- López S., Nieto A., Barrietos A., Rodríguez P., Colinas S. & Borys M. 2008. Selección de variables morfológicas para la caracterización del tejocote (*Crataegus spp.*). Revista Chapanga Serie Horticultura.14 (2): 97-111.
- Mack J. 1969. Effects of high temperature on yield and carbohydrate composition. Am Soc Hrt Sci. 94: 60-62.
- Manrique S.1980. Evaluación de 20 generaciones avanzadas de Fríjol (*Phaseolus vulgaris* L) de Grano negro en siembra de Primavera y Verano en la Costa Central. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria La Molina. PE. 67 p.
- Márquez S. 1991. Genotecnia vegetal, métodos teóricos, resultados. Primera edición. A.G.T. Editor. México, D. F. 500 p.
- Martínez C. 1991. Estudio de diferencias bromatológicas entre fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Departamento de Cajamarca. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Cajamarca. PE. 76 p.
- Mattos L. & Fernández E. 1987. Caracterización de strains del virus del mosaico común del fríjol en la costa central del Perú. Fitopatología. 22: 10–14.
- Melgarejo T., Lehtonen M., Fribourg C., Rännälu M. & Valkonen J. 2007. Strains of BCMV and BCMNV characterized from lima bean plants affected by deforming mosaic disease in Peru. Archives of virology. 10 (152): 1947-1949.

- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). 2015. Mercados mayoristas de Apurímac. MINAGRI-DGESEP-DEA-Área de Comercialización (en línea). Consultado: mayo de 2015. Disponible en: <http://sistemas.minag.gob.pe/sisap/portal2/ciudades/#>.
-
- _____. 2015. Series históricas de producción agrícola – compendio estadístico (en línea). Consultado: marzo de 2015. Consulta: abril de 2015. Disponible en: http://frenteweb.minag.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult.
- MINSA (Ministerio de Salud, PE). 2009. Tablas peruanas de composición de alimentos. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición Instituto Nacional de Salud. Lima, PE. 70 p.
- Morales F. & Castaño M. 2008. Enfermedades virales del Fríjol Común en América Latina. CIAT, CO. Unidad de Virología. 364: 60 p.
- Morales F. & Bos L. 1988. Bean common mosaic virus. Descriptions of Plant Viruses. 337.
- Nazario J. 1992. Evaluación del rendimiento de 25 variedades de fríjol blanco mediano (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de La Molina. Tesis Ing. Agr. Universidad Agraria La Molina, PE. 100 p.
- Nielsen S. 1991. Digestibility of legume Proteins. Food Technology. 45(9): 112-114.
- Onyilagha J. 1986. Numerical analysis of variation among Nigerian *Dioscorea rotundata* accessions. Euphytica 35: 413-419.
- Ortiz V. & Molina O. 1989. Kori inti: nueva variedad de fríjol voluble. INIA, Estación Experimental Andenes-Cusco. PE. Plegable.
- Otálora J., Ligarreto G. & Romero A. 2009. Comportamiento de fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo reventón por características agronómicas y de calidad de grano. Agronomía Colombiana. 24(1):7-16.
- Pachón N., Gracia D. & Ligarreto G. 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.
- Piha M. & Munns D. 1987. Nitrogen fixation potential of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) compared with other grain legumes under controlled conditions. Plant and Soil, 98(2), 169-182.

- Pinchi M. 2009. Formación de poblaciones complejas superiores de cruces interespecíficos del género *Phaseolus* y su comportamiento para las zonas altoandinas del Perú. Tesis Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 64 p.
- Pla L. 1986. Análisis multivariado: Método de componentes principales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Washington, D.C. 94 p.
- PLGO (Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas, PE). 2014. Solicitud de información. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- PROFRIZA (Proyecto Regional de Fríjol para la Zona Andina, EC). 2000. Un cultivo ancestral avanza hacia la modernidad: tiempo de transición: 1988-1999: Informe final de PROFRIZA y Voyses Cali, CO: Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. 72 p.
- Querol L. 1988. Recursos genéticos, nuestro tesoro olvidado. Aproximación técnica y socioeconómica. Perú: Editorial Industrial gráfica. 218 p.
- Ramírez E. & Alarcón J. 2009. Evaluación agronómica de líneas avanzadas de fríjol biofortificado (*Phaseolus vulgaris* L.) en el centro norte de Nicaragua en época de postrera, 2007. Tesis Agr. Universidad Nacional Agraria, NI. 33 p.
- Ramos M. & Boddey R. 1987. Native and inoculated rhizobia isolated from field grown *Phaseolus vulgaris*: effects of liming an acid soil on antibiotic resistance. Soil Biology and Biochemistry, 19(2): 179-185.
- Restrepo J. & Laing D. (1979). Conceptos básicos en la fisiología del fríjol. En Curso Intensivo de adiestramiento Post-Graduado en investigación para la Producción de Fríjol. CIAT. Cali, CO.
- Ríos D., Viteri S. & Delgado H. 2014. Evaluación Agronómica de líneas avanzadas de fríjol voluble *Phaseolus vulgaris* L. en Paipa, Boyacá. Revista de Ciencias Agrícolas. 31(1): 42-54.
- Ríos M. & Quirós J. 2002. El fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.): Cultivo, beneficio y variedades. Fenalce, Medellín. CO.
- Robles D. 1982. Evaluación de 25 cultivares de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano de color en siembra de verano y otoño en Costa Central. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria La Molina. PE. 80 p.
- Ruíz 2003. Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) para la Provincia de Carhuaz, PE. 82 p.

- Russo V., Bruton V. & Sams C. 2010. Classification of temperature response in germination of Brassicas. *Industrial Crops and products* 31: 48-51.
- Salazar T. 1969. Efecto de cuatro frecuencias de Riego sobre los rendimiento en el cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, PE. 79 p.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, PE). 2008. Datos históricos de la estación meteorológica de Yungay- Ancash (en línea). Consultado: junio 2015. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/main_mapa.php?t=dHi.
- Silveria G. 1975. Fríjoles latinoamericanos de adaptación amplia. *Turrialba*. 25 (3): 217.
- Singh R. & Chaudhary B. 1979. *Biometrical methods in quantitative genetic analysis*. 304p.
- Spedding C. 1979. *Ecología de los sistemas agrícolas*. H. Blume. Madrid, ES. 250 p.
- Tanaka A. & Fujita K. 1979. Relación de la fotosíntesis, de crecimiento y componentes de rendimiento en el rendimiento de grano del fríjol (Ingl.). *Hokkaido. Univ.* 59(2): 145-238.
- Tapia B. 1987. Mejoramiento varietal del fríjol en Nicaragua. ISCA, Managua, NI. 4-11 p.
- Tejada V. 1980. *Factores Agronómicos en la Asociación Maíz-Fríjol*. CIAT. Cali, CO. 26p.
- UNALM (Universidad Agraria La Molina, PE). 2014. Jardín Botánico Octavio Velarde Núñez (en línea). Consultado abril de 2014. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe>.
- _____. 2013. Laboratorio de análisis de suelo, departamento de suelos y fertilizantes.
- UPOV (International Union for the Protection of new Varieties of Plants, CH). 2012. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. Descriptors for *Phaseolus vulgaris*. Technical Guidelines. 46 p.
- Vallejo B. & Martinez L. 2005. Caracterización y evaluación de 7 genotipo de fríjol común grano color rojo (*Phaseolus vulgaris* L) en la Estación Experimental La Compañía, Carzo. 2004 - 2005. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 42 p.
- Vargas W. 1985. Descripción varietal y evaluación del rendimiento y sus componentes en 15 variedades de fríjol (*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, PE.

Vega H., Chiappe L. & Fundez G. 2004. Cultivos asociados temporales: la factibilidad de producir fríjol en campos cafetaleros en renovación. Anales Científicos UNALM. 109-119.

Vélez L. Clavijo J. & Ligarreto G. 2007. Análisis ecofisiológico del cultivo asociado a maíz (*Zea mays* L.) – Fríjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Fac. Nal. Agr. Medellín, CO. 60 (2): 3965 – 3984.

_____; Moya, A y Clavijo, L. 2011. Relaciones de competencia entre el fríjol trepador (*Phaseolus vulgaris* L.) y el maíz (*Zea mays* L.) sembrados en asocio. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín, CO. 64 (2): 60655 - 6079.

Vieira C. 1975. Introducción de plantas y de germoplasma de *Phaseolus vulgaris* y otras leguminosas de grano comestible. Servicios sobre el potencial del fríjol y de otras leguminosas de grano comestible en América Latina. Cali, CO.

Voysest O. & Desset M. 1991. Bean cultivar: classes and commercial seed types. In: Common Beans. Research for crop improvement. Edited by Art Van Schoonhoven y Voysest. O. CIAT, Cali, CO. 130-140 p.

_____. 1993. Variedades de fríjol en América Latina y su origen, CIAT, Cali. CO. 87p.

_____. 2000. Mejoramiento Genético del Fríjol (*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 fríjol. En: Fríjol investigación y producción. Editado por: Fernández, F; Schoonhoven, A y López, M. CIAT, Cali. CO. 43-60.

Wu W., Williams W., Kunkel M., Acton J., Huang Y., Wardlaw, J. & Grimes L. 1995. True protein digestibility – correctec amino acid score of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Journal Agric. Food Chem. 44: 1296-1301.

ANEXOS

ANEXO I. Caracterización fenotípica de líneas avanzadas de fríjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.)- Variables cualitativas

Línea	Forma Hoja	Color alas	Posición vainas	Color vaina	Curvatura vaina	Color semilla	Brillo semilla	Forma semilla	Persistencia de hojas	Fibra vaina	Carga planta	Vigor planta
MBC 49	Triangular	Blanco	Base	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Blancuzco	Opaco	Cuboide	Intermedio	Corícea	Pobre	Pobre
MBC 50	Triangular	Blanco	Base	Oro a amarillo oscuro	Recto	Blancuzco	Intermedio	Ovalado	Todas las hojas caídas	Excesivamente suelta	Excelente	Excelente
MBC 51	Triangular	Blanco	Toda la planta	Amarillo pálido a blanco	Ligeramente curvado	Blancuzco	Opaco	Ovalado	Intermedio	Corícea	Intermedio	Intermedio
MBC 52	Triangular	Blanco	Toda la planta	Amarillo pálido a blanco	Ligeramente curvado	Blancuzco	Intermedio	Arriñonado	Todas las hojas caídas	Excesivamente suelta	Excelente	Excelente
MBC 53	Redonda	Blanco	Toda la planta	Amarillo pálido a blanco	Ligeramente curvado	Blancuzco	Intermedio	Ovalado	Intermedio	Fuertemente contraída	Buena	Buena
MBC 54	Triangular	Blanco	Toda la planta	Verde normal	Recto	Blancuzco	Intermedio	Ovalado	Intermedio	Fuertemente contraída	Intermedio	Intermedio
MBC 56	Redonda	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Recto	Blancuzco	Brillante	Arriñonado	Intermedio	Corícea	Intermedio	Intermedio
MBC 57	Triangular	Blanco	Base	Verde mate a gris plateado	Recto	Blancuzco	Brillante	Cuboide	Todas las hojas persisten	Corícea	Excelente	Excelente
MBC 58	Triangular	Blanco	Base	Amarillo pálido a blanco	Ligeramente curvado	Blancuzco	Intermedio	Ovalado	Intermedio	Fuertemente contraída	Buena	Buena
MBC 60	Triangular	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Blancuzco	Opaco	Truncado	Todas las hojas persisten	Fuertemente contraída	Buena	Buena
MBC 61	Triangular	Lila	Base	Oro a amarillo oscuro	Curvado	Blancuzco	Brillante	Ovalado	Todas las hojas persisten	Excesivamente suelta	Excelente	Excelente
MBC 62	Triangular	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Blancuzco	Brillante	Ovalado	Intermedio	Fuertemente contraída	Pobre	Pobre
MBC 63	Triangular	Blanco	Base	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Blancuzco	Intermedio	Ovalado	Intermedio	Excesivamente suelta	Muy pobre	Muy pobre
MBC 64	Triangular	Blanco	Base	Amarillo pálido a blanco	Ligeramente curvado	Blancuzco	Intermedio	Ovalado	Intermedio	Excesivamente suelta	Pobre	Pobre
MBC 65	Triangular	Blanco	Toda la planta	Amarillo pálido a blanco	Curvado	Blanco puro	Brillante	Ovalado	Todas las hojas caídas	Corícea	Intermedio	Intermedio
MBC 66	Redonda	Blanco	Base	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Blancuzco	Opaco	Ovalado	Todas las hojas persisten	Fuertemente contraída	Buena	Buena
MBC 67	Triangular	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Blancuzco	Opaco	Ovalado	Intermedio	Excesivamente suelta	Intermedio	Intermedio
MBC 68	Redonda	Lila	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Curvado	Blancuzco	Brillante	Truncado	Todas las hojas caídas	Fuertemente contraída	Pobre	Pobre
MBC 69	Triangular	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Recto	Blancuzco	Intermedio	Arriñonado	Intermedio	Corícea	Intermedio	Intermedio
MBC 70	Triangular	Blanco	Toda la planta	Amarillo pálido a blanco	Recto	Blancuzco	Opaco	Truncado	Todas las hojas caídas	Corícea	Pobre	Pobre
MBC 72	Redonda	Blanco	Base	Amarillo pálido a blanco	Ligeramente curvado	Blancuzco	Intermedio	Ovalado	Todas las hojas persisten	Excesivamente suelta	Pobre	Pobre
MBC 73	Redonda	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Recto	Blancuzco	Intermedio	Ovalado	Todas las hojas persisten	Corícea	Muy pobre	Muy pobre
MBC 74	Triangular	Blanco	Base	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Blancuzco	Intermedio	Ovalado	Todas las hojas persisten	Corícea	Intermedio	Intermedio
MBC 75	Redonda	Blanco	Base	Oro a amarillo oscuro	Recto	Blancuzco	Intermedio	Ovalado	Todas las hojas caídas	Fuertemente contraída	Intermedio	Intermedio
MBC 76	Redonda	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Blancuzco	Intermedio	Ovalado	Todas las hojas caídas	Corícea	Pobre	Pobre
MBC 78	Redonda	Blanco	Base	Amarillo pálido a blanco	Ligeramente curvado	Blancuzco	Opaco	Ovalado	Intermedio	Corícea	Pobre	Pobre
MBC 80	Cuadrangular	Blanco	Base	Amarillo pálido a blanco	Ligeramente curvado	Blanco puro	Intermedio	Ovalado	Todas las hojas caídas	Corícea	Excelente	Excelente
MBC 81	Redonda	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Blancuzco	Opaco	Arriñonado	Intermedio	Corícea	Intermedio	Intermedio
MBC 82	Redonda	Blanco	Base	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Blancuzco	Opaco	Ovalado	Todas las hojas persisten	Fuertemente contraída	Excelente	Excelente
MBC 83	Triangular	Blanco	Base	Rosa oscuro	Ligeramente curvado	Blancuzco	Intermedio	Truncado	Intermedio	Corícea	Muy pobre	Muy pobre
MBC 84	Redonda	Blanco	Base	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Marrón	Opaco	Arriñonado	Todas las hojas persisten	Fuertemente contraída	Pobre	Pobre
MBC 86	Redonda	Blanco	Toda la planta	Verde brillante	Ligeramente curvado	gris pardo a verde	Brillante	Ovalado	Intermedio	Fuertemente contraída	Pobre	Pobre
MBC 87	Triangular	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Marrón	Intermedio	Truncado	Intermedio	Corícea	Muy pobre	Muy pobre
MBC 88	Redonda	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	marrón claro a oscuro	Intermedio	Truncado	Todas las hojas caídas	Corícea	Muy pobre	Muy pobre
MBC 89	Triangular	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	crema pálido a amarillo	Intermedio	Ovalado	Intermedio	Corícea	Intermedio	Intermedio
MBC 90	Redonda	Blanco	Base	Oro a amarillo oscuro	Recto	Amarillo	Brillante	Ovalado	Intermedio	Corícea	Pobre	Pobre
MBC 91	Triangular	Blanco	Base	Oro a amarillo oscuro	Curvado	Amarillo	Brillante	Cuboide	Todas las hojas persisten	Corícea	Intermedio	Intermedio
MBC 92	Cuadrangular	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Amarillo	Intermedio	Ovalado	Todas las hojas persisten	Corícea	Pobre	Pobre
MBC 93	Triangular	Blanco	Superior	Oro a amarillo oscuro	Curvado	Amarillo	Intermedio	Truncado	Intermedio	Corícea	Pobre	Pobre
MBC 94	Triangular	Blanco	Base	Rosa oscuro	Ligeramente curvado	Amarillo	Intermedio	Ovalado	Todas las hojas caídas	Corícea	Pobre	Pobre
MBC 95	Triangular	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Amarillo	Intermedio	Truncado	Intermedio	Corícea	Intermedio	Intermedio
MBC 96	Triangular	Blanco	Toda la planta	Verde con rayas moradas	Ligeramente curvado	crema pálido a amarillo	Intermedio	Truncado	Todas las hojas caídas	Corícea	Pobre	Pobre
MBC 97	Triangular	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Amarillo	Intermedio	Ovalado	Todas las hojas caídas	Corícea	Pobre	Pobre
MBC 98	Triangular	Blanco	Base	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Amarillo	Opaco	Ovalado	Todas las hojas caídas	Corícea	Muy pobre	Muy pobre
MBC 99	Redonda	Blanco	Base	Amarillo pálido a blanco	Recto	gris pardo a verde	Intermedio	Ovalado	Intermedio	Corícea	Excelente	Excelente
MBC 100	Triangular	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Amarillo	Opaco	Truncado	Intermedio	Corícea	Muy pobre	Muy pobre
MBC 102	Triangular	Blanco	Base	Amarillo pálido a blanco	Recto	Amarillo	Intermedio	Ovalado	Todas las hojas caídas	Corícea	Intermedio	Intermedio
MBC 103	Redonda	Blanco	Base	Oro a amarillo oscuro	Recto	Amarillo	Opaco	Ovalado	Intermedio	Corícea	Pobre	Pobre
MBC 105	Triangular	Blanco	Toda la planta	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	crema pálido a amarillo	Intermedio	Ovalado	Intermedio	Corícea	Excelente	Excelente
MBC 106	Triangular	Blanco	Base	Amarillo pálido a blanco	Recto	Amarillo	Intermedio	Ovalado	Intermedio	Corícea	Excelente	Excelente
MBC 107	Triangular	Blanco	Centro	Verde brillante	Ligeramente curvado	Amarillo	Brillante	Truncado	Intermedio	Fuertemente contraída	Buena	Buena
MBC 108	Triangular	Blanco	Base	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	gris pardo a verde	Intermedio	Arriñonado	Todas las hojas caídas	Corícea	Intermedio	Intermedio
MBC 109	Redonda	Blanco	Base	Oro a amarillo oscuro	Ligeramente curvado	Amarillo	Brillante	Ovalado	Todas las hojas caídas	Corícea	Muy pobre	Muy pobre
MBC 110	Triangular	Blanco	Base	Amarillo pálido a blanco	Recto	Amarillo	Intermedio	Ovalado	Intermedio	Fuertemente contraída	Intermedio	Intermedio
MBC 111	Redonda	Blanco	Base	Verde con rayas moradas	Ligeramente curvado	Marrón	Opaco	Ovalado	Intermedio	Corícea	Intermedio	Intermedio

ANEXO II. Caracterización fenotípica de líneas avanzadas de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.)- Variables cuantitativas

Línea	Días a Madurez Fisiológica	Diámetro tallo (cm)	Lóculos vaina	Racimos/plt	Altura (cm)	Ramas/ planta	Nudos/ planta	Vainas/ planta	Semillas/ vaina	Peso 100 semillas (gr)	Racimos/ planta	Rendimiento/ parcela (gr)
MBC 49	137	0.42	4	4	80.60	1	13	6	4	62.40	4	72.54
MBC 50	135	0.44	5	25	108.00	3	14	23	4	34.30	25	141.65
MBC 51	135	0.34	4	34	81.50	2	13	16	3	52.45	34	141.00
MBC 52	132	0.40	4	30	167.67	3	13	25	4	45.35	30	220.20
MBC 53	128	0.35	4	13	92.33	2	12	14	4	37.50	13	91.76
MBC 54	145	0.35	4	13	176.50	2	9	26	4	53.40	13	238.30
MBC 56	145	0.43	4	8	129.50	2	12	20	4	53.00	8	202.81
MBC 57	144	0.47	6	25	167.67	2	14	24	5	40.10	9	208.52
MBC 58	135	0.34	5	26	136.80	2	13	26	4	38.00	26	220.62
MBC 60	130	0.38	5	21	110.00	3	12	21	4	37.50	21	175.22
MBC 61	137	0.34	5	26	144.60	2	15	14	4	61.50	12	150.68
MBC 62	135	0.48	4	24	140.80	3	16	16	4	61.05	24	210.26
MBC 63	137	0.46	3	28	166.20	2	18	12	3	51.20	8	98.98
MBC 64	131	0.40	3	23	94.00	2	8	23	3	57.20	18	197.34
MBC 65	126	0.33	3	16	166.33	2	14	16	3	56.45	15	153.67
MBC 66	130	0.42	4	13	128.20	2	13	14	4	7.70	13	21.07
MBC 67	137	0.55	5	15	290.00	3	15	45	5	54.45	38	122.51
MBC 68	130	0.37	4	7	212.67	2	16	24	4	60.75	7	201.29
MBC 69	137	0.51	4	9	193.33	2	22	27	4	74.75	32	215.95
MBC 70	137	0.45	5	8	227.00	2	22	57	4	54.70	8	124.72
MBC 72	137	0.44	4	14	162.00	2	10	14	4	36.80	9	100.12
MBC 73	126	0.27	4	13	55.67	1	8	6	3	40.10	13	41.10
MBC 74	137	0.42	3	15	128.00	2	17	16	3	42.50	24	103.01
MBC 75	128	0.40	4	9	137.60	2	12	25	4	49.95	36	225.63
MBC 76	126	0.40	3	5	157.33	3	15	28	3	57.10	45	236.97
MBC 78	137	0.48	3	8	104.00	2	10	26	3	64.10	8	199.99
MBC 80	130	0.40	4	25	169.80	2	14	32	3	65.60	54	195.89
MBC 81	147	0.63	3	26	167.75	2	18	20	2	80.10	48	192.62
MBC 82	147	0.48	3	15	155.80	2	18	16	3	97.85	30	200.98
MBC 83	137	0.35	4	10	102.00	1	14	9	4	67.37	10	137.80
MBC 84	145	0.40	4	9	145.60	2	13	23	4	59.75	9	234.50
MBC 86	137	0.40	4	7	81.80	2	11	17	4	52.60	7	192.29
MBC 87	153	0.47	6	10	115.33	1	10	23	3	66.80	10	214.68
MBC 88	131	0.30	5	8	73.00	2	12	16	4	38.40	9	133.02
MBC 89	130	0.34	4	9	91.40	1	10	13	4	46.47	7	115.50
MBC 90	137	0.56	4	12	151.00	2	22	11	3	66.10	12	95.48
MBC 91	137	0.52	4	14	138.80	2	11	8	4	65.65	12	95.25
MBC 92	141	0.46	4	13	69.40	1	9	7	3	69.80	8	85.44
MBC 93	126	0.35	4	12	35.00	1	7	6	3	56.95	6	55.53
MBC 94	137	0.37	4	23	95.33	2	7	5	4	74.32	9	77.41
MBC 95	137	0.44	4	11	128.80	2	9	14	4	65.10	18	182.28
MBC 96	137	0.42	4	26	158.33	2	13	9	3	59.05	26	87.72
MBC 97	133	0.32	4	11	110.20	2	11	11	4	65.55	11	149.45
MBC 98	137	0.40	3	9	19.00	0	8	2	3	46.50	2	13.95
MBC 99	137	0.37	4	8	156.20	2	8	13	3	62.85	11	134.81
MBC 100	147	0.45	4	6	176.00	2	14	15	3	79.70	6	201.74
MBC 102	137	0.47	4	6	108.60	2	12	16	3	52.25	8	143.54
MBC 103	145	0.50	4	8	84.83	3	11	27	3	45.90	8	178.98
MBC 105	137	0.60	6	12	184.00	3	13	30	6	80.30	25	228.73
MBC 106	137	0.41	4	19	99.20	2	13	19	4	62.30	22	228.86
MBC 107	147	0.64	4	9	88.00	2	10	14	4	54.92	7	155.56
MBC 108	133	0.33	4	26	61.67	2	8	7	3	43.55	9	52.08
MBC 109	135	0.37	4	4	95.67	2	15	16	3	54.26	4	144.68
MBC 110	134	0.45	5	4	99.75	2	18	17	4	60.05	5	221.82
MBC 111	137	0.58	5	5	219.50	2	19	76	5	44.83	45	234.30

ANEXO III. Características cualitativas evaluadas en el ensayo de líneas de frijol blanco – Ensayo I

Línea	Color Clorofilico	Presencia de Antocianinas	Forma Hoja	Persistencia	Color Estandarte	Color Alas	Forma Bracteola	Posición Vainas	Sección Transversal vaina	Posicion Pico	Orientación Pico	Color Vaina
MBC 51	Verde	Ausencia	Triangular	Todas las hojas caídas	Blanco	Blanco	Ovalada	Toda la planta	Elíptica redonda	Marginal	Hacia abajo	Amarillo pálido a blanco
MBC 52	Verde oscuro	Ausencia	Triangular	Todas las hojas caídas	Blanco	Blanco	Lanceolada	Toda la planta	Elíptica redonda	Marginal	Hacia abajo	Amarillo pálido a blanco
MBC 53	Verde	Ausencia	Triangular	Intermedio	Blanco	Blanco	Ovalada	Toda la planta	Elíptica redonda	Marginal	Hacia abajo	Amarillo pálido a blanco
MBC 58	Verde	Ausencia	Triangular	Intermedio	Blanco	Blanco	Lanceolada	Base	Elíptica redonda	Marginal	Hacia abajo	Amarillo pálido a blanco
MBC 60	Verde	Ausencia	Triangular	Todas las hojas caídas	Blanco	Blanco	Lanceolada	Toda la planta	Elíptica redonda	Marginal	Recto	Amarillo pálido a blanco
MBC 61	Verde	Ausencia	Triangular	Intermedio	Blanco	Blanco	Lanceolada	Base	Forma de pera	Marginal	Hacia abajo	Amarillo pálido a blanco
MBC 63	Verde	Ausencia	Triangular	Intermedio	Blanco	Blanco	Lanceolada	Base	Elíptica redonda	Marginal	Recto	Amarillo pálido a blanco
MBC 76	Verde	Ausencia	Cuadrangular	Todas las hojas caídas	Blanco	Blanco	Lanceolada	Toda la planta	Elíptica redonda	Marginal	Recto	Amarillo pálido a blanco
MBC 80	Verde oscuro	Ausencia	Triangular	Todas las hojas caídas	Blanco	Blanco	Lanceolada	Base	Elíptica redonda	Marginal	Recto	Amarillo pálido a blanco
Blanco Molinero	Verde oscuro	Ausencia	Triangular	Todas las hojas caídas	Blanco	Blanco	Lanceolada	Superior	Elíptica redonda	Marginal	Hacia abajo	Amarillo pálido a blanco
Moda	Verde	Ausencia	Triangular	Todas las hojas caídas	Blanco	Blanco	Lanceolada	Toda la planta	Elíptica redonda	Marginal	Hacia abajo	Amarillo pálido a blanco
Frecuencia	7	10	9	6	10	10	8	5	9	10	6	10
Porcentaje (%)	70	100	90	60	100	100	80	50	90	100	60	100

Continua

Línea	Curvatura Vaina	Sutura Vaina	Fibra vaina	Color Semilla	Color Hilium	Brillo Semilla	Forma Semilla	Vigor
MBC 51	Recto	Poco hilachosa	Corácea	Blancuzco	Blanco	Opaco	Arriñonado	Bueno
MBC 52	Recto	Poco hilachosa	Corácea	Blancuzco	Blanco	Brillante	Arriñonado	Intermedio
MBC 53	Ligeramente curvado	Moderadamente hilachosa	Corácea	Blancuzco	Blanco	Intermedio	Ovalado	Bueno
MBC 58	Ligeramente curvado	Poco hilachosa	Corácea	Blancuzco	Blanco	Intermedio	Ovalado	Intermedio
MBC 60	Ligeramente curvado	Poco hilachosa	Corácea	Blancuzco	Blanco	Brillante	Ovalado	Intermedio
MBC 61	Ligeramente curvado	Poco hilachosa	Corácea	Blancuzco	Blanco	Intermedio	Ovalado	Bueno
MBC 63	Ligeramente curvado	Moderadamente hilachosa	Corácea	Blancuzco	Blanco	Opaco	Ovalado	Intermedio
MBC 76	Ligeramente curvado	Poco hilachosa	Corácea	Blancuzco	Blanco	Opaco	Arriñonado	Bueno
MBC 80	Ligeramente curvado	Poco hilachosa	Corácea	Blancuzco	Blanco	Opaco	Arriñonado	Intermedio
Blanco Molinero	Ligeramente curvado	Poco hilachosa	Corácea	Blancuzco	Blanco	Opaco	Arriñonado	Intermedio
Moda	Ligeramente curvado	Poco hilachosa	Corácea	Blancuzco	Blanco	Opaco	Arriñonado	Intermedio
Frecuencia	8	8	10	10	10	5	5	6
Porcentaje (%)	80	80	100	100	100	50	50	60

ANEXO IV. Características cuantitativas evaluadas en el ensayo de líneas de frijol blanco – Ensayo I

Línea	Hoja (cm)		Días a Floracion	Días a Madurez Fisiologica	Altura (cm)	Diámetro Tallo (cm)	Nudos/planta	Botón (cm)		Bractéola (cm)		Racimos/planta	Longitud Inflorescencia	Longitud Pedicelo	Vaina (cm)	
	Long.	Ancho						Long.	Ancho	Long.	Ancho				Long.	Ancho
MBC 51	10.00	7.45	77	144	78.00	0.27	13	0.70	0.40	0.33	0.30	22	3.83	1.00	8.44	0.87
MBC 52	11.08	8.25	75	145	151.33	0.40	11	0.80	0.43	0.83	0.50	12	2.77	0.77	13.46	0.84
MBC 53	10.33	8.23	76	145	114.00	0.37	13	0.77	0.43	0.50	0.27	17	3.10	1.40	12.54	1.15
MBC 58	9.93	6.33	75	145	157.00	0.30	13	0.83	0.43	0.48	0.42	15	1.43	0.48	12.75	0.82
MBC 60	9.98	6.83	76	144	119.33	0.33	12	0.63	0.40	0.75	0.40	17	3.00	0.83	12.03	0.86
MBC 61	10.17	6.12	75	144	143.33	0.33	16	0.70	0.40	0.50	0.23	13	5.67	0.97	11.58	0.93
MBC 63	9.87	8.00	77	144	155.00	0.41	18	0.73	0.47	0.45	0.25	15	4.00	0.75	12.63	0.93
MBC 76	11.33	6.25	76	144	130.67	0.40	15	0.93	0.40	0.55	0.30	14	2.87	0.50	13.78	0.75
MBC 80	11.50	7.03	72	144	196.67	0.33	16	0.77	0.37	0.48	0.42	14	3.00	1.00	14.11	0.85
Blanco Molinero	10.50	7.77	77	144	69.67	0.23	4	0.80	0.37	0.52	0.45	11	3.52	1.10	14.31	0.83
Promedio	10.47	7.17	75.33	144.44	138.37	0.35	14.15	0.76	0.41	0.54	0.34	15.44	3.30	0.86	12.37	0.89
Des Est	0.61	0.83	1.43	0.49	38.19	0.06	3.85	0.08	0.03	0.15	0.09	3.16	1.09	0.28	1.70	0.11
CV	5.88	11.56	1.90	0.34	27.60	16.76	27.23	10.90	7.62	26.86	27.40	20.49	32.92	32.33	13.75	12.25

Continua

Línea	Longitud ápice (cm)	Vainas/planta	Loculos/vaina	Semillas/vaina	Peso 100 semillas (gr)	Semilla (mm)			Ramas/planta	Rendimiento (kg/ha)
						Long.	Ancho	Grosor		
MBC 51	1.42	18	5	5	55.80	13.67	8.64	6.49	2	654.76
MBC 52	1.37	21	5	5	52.71	13.07	8.23	6.72	2	744.05
MBC 53	1.74	17	5	5	59.61	13.23	8.79	7.46	2	863.10
MBC 58	1.52	26	5	5	45.67	12.48	7.82	6.37	2	744.05
MBC 60	1.68	19	6	5	50.65	12.15	8.23	6.85	4	773.81
MBC 61	1.27	25	5	5	58.85	12.83	8.88	7.35	2	833.33
MBC 63	1.59	16	5	5	58.63	13.40	8.82	7.00	2	863.10
MBC 76	1.48	28	4	3	63.57	15.46	8.45	6.21	3	625.00
MBC 80	1.85	26	4	4	73.91	16.67	9.20	7.22	2	654.76
Blanco Molinero	2.12	8	5	5	56.23	14.35	8.60	6.37	2	535.71
Promedio	1.55	21.74	4.80	4.44	57.71	13.66	8.56	6.85	2.41	750.66
Des Est	0.25	6.05	0.48	0.51	7.66	1.40	0.40	0.44	0.73	109.80
CV	16.42	27.84	9.96	11.42	13.27	10.27	4.65	6.46	30.23	14.63

ANEXO V. Variación representada por los coeficientes de caracteres morfológicos en cada vector asociado a los seis componentes principales del Ensayo I.

Variables	Vectores característicos					
	e1	e2	e3	e4	e5	e6
Longitud de la hoja	0.34	0.01	0.04	0.14	0.03	0.07
Ancho de la hoja	-0.13	0	0.15	0.36	-0.22	0.18
Días a floración	-0.24	-0.13	0.07	-0.15	-0.26	0.43
Días a madurez fisiológica	-0.07	-0.08	-0.22	0.35	-0.24	-0.27
Altura de la planta	0.18	0.19	-0.26	0.16	0.14	-0.18
Diámetro del tallo	0.06	0.2	-0.3	0.16	-0.06	0.4
Nudos por planta	0.05	0.35	-0.23	-0.13	-0.01	0.01
Longitud del botón floral	0.26	-0.11	-0.08	0.06	-0.41	0.09
Ancho del botón floral	-0.18	0.1	-0.29	0.13	-0.29	0.2
Longitud de la bractéola	0.02	-0.17	-0.19	0.26	0.37	0.24
Ancho de la bractéola	0.11	-0.32	0	0.23	0.16	-0.21
Racimos por planta	-0.18	0.09	0.01	-0.27	-0.12	-0.17
Longitud de la inflorescencia	-0.1	0.25	0.17	-0.14	0.16	0.19
Longitud del pedicelo	-0.13	0.15	0.34	0.21	0.05	-0.08
Longitud de la vaina	0.24	-0.09	-0.01	0.33	0.07	0.2
Ancho de la vaina	-0.21	0.25	0.08	0.25	-0.09	-0.02
Longitud del ápice de la vaina	0.06	-0.13	0.33	0.2	0.05	0.06
Vainas por planta	0.2	0.13	-0.31	-0.15	0.08	-0.23
Lóculos por vaina	-0.33	-0.13	-0.05	0.03	0.28	0.05
Granos por vaina	-0.33	-0.04	0.04	0.16	0.06	-0.23
Peso de 100 granos	0.25	0.27	0.2	0.02	0.03	0.08
Longitud del grano	0.33	0.09	0.2	-0.02	-0.09	0.02
Ancho del grano	0.08	0.34	0.28	0.03	0.05	0.07
Grosor del grano	-0.09	0.35	0.04	0.24	0.23	-0.08
Ramas por planta	0	-0.12	-0.11	-0.17	0.42	0.34
Rendimiento por planta	-0.21	0.26	-0.24	0.15	0.06	0.05

ANEXO VI. Características cualitativas evaluadas en el ensayo de líneas de frijol amarillo – Ensayo II

Línea	Color Clorofilico	Presencia de Antocianinas	Forma Hoja	Persistencia	Color Estandarte	Color Alas	Forma Bracteola	Posición Vainas	Sección transversal vaina	Posicion ápice	Orientación ápice	Color Vaina
MBC 87	Verde	Ausencia	Triangular	No persisten	Verde	Blanco	Lanceolada	Toda la planta	Eliptica redonda	Marginal	Hacia abajo	Amarillo pálido a blanco
MBC 95	Verde pálido	Ausencia	Triangular	No persisten	Verde	Blanco	Ovalada	Toda la planta	Delgada o estrecha	Marginal	Hacia abajo	Oro o amarillo oscuro
MBC 97	Verde oscuro	Ausencia	Triangular	No persisten	Verde	Blanco	Lanceolada	Toda la planta	Eliptica redonda	Marginal	Hacia abajo	Amarillo pálido a blanco
MBC 102	Verde	Ausencia	Triangular	No persisten	Verde	Blanco	Lanceolada	Toda la planta	Eliptica redonda	Marginal	Hacia abajo	Amarillo pálido a blanco
MBC 106	Verde pálido	Ausencia	Triangular	No persisten	Verde	Blanco	Lanceolada	Toda la planta	Eliptica redonda	Marginal	Hacia abajo	Amarillo pálido a blanco
MBC 108	Verde	Ausencia	Triangular	No persisten	Verde	Blanco	Lanceolada	Toda la planta	Eliptica redonda	Marginal	Recto	Amarillo pálido a blanco
MBC 109	Verde	Ausencia	Triangular	Intermedio	Verde	Blanco	Lanceolada	Toda la planta	Eliptica redonda	Marginal	Hacia abajo	Oro o amarillo oscuro
MBC 110	Verde oscuro	Ausencia	Triangular	No persisten	Verde	Blanco	Lanceolada	Toda la planta	Eliptica redonda	Marginal	Hacia abajo	Amarillo pálido a blanco
MBC 111	Verde oscuro	Ausencia	Triangular	No persisten	Verde	Blanco	Ovalada	Superior	Eliptica redonda	Marginal	Hacia abajo	Oro o amarillo oscuro
PLVI 1-3	Verde pálido	Ausencia	Triangular	No persisten	Verde	Blanco	Lanceolada	Superior	Eliptica redonda	Marginal	Hacia arriba	Amarillo pálido a blanco
Moda	Verde	Ausencia	Triangular	No persisten	Verde	Blanco	Lanceolada	Toda la planta	Eliptica redonda	Marginal	Hacia abajo	Amarillo pálido a blanco
Frecuencia	4	9	9	8	9	9	7	8	8	9	8	6
Porcentaje (%)	44	100	100	89	100	100	78	89	89	100	89	67

Continúa

Línea	Curvatura Vaina	Sutura Vaina	Fibra vaina	Color Semilla	Color Hilium	Brillo Semilla	Forma Semilla	Vigor
MBC 87	Ligeramente curvo	Poco hilachosa	Corácea	Marrón claro a oscuro	Blanco con halo marron	Intermedio	Cuboide	Intermedio
MBC 95	Curvado	Moderadamente hilachosa	Corácea	Amarillo	Blanco con halo marron	Opaco	Cuboide	Intermedio
MBC 97	Curvado	Moderadamente hilachosa	Corácea	Amarillo	Blanco con halo marron	Intermedio	Cuboide	Intermedio
MBC 102	Recto	Moderadamente hilachosa	Corácea	Marrón claro a oscuro	Blanco con halo marron	Opaco	Ovalado	Bueno
MBC 106	Ligeramente curvo	Poco hilachosa	Corácea	Marrón claro a oscuro	Blanco con halo marron	Brillante	Ovalado	Intermedio
MBC 108	Ligeramente curvo	Moderadamente hilachosa	Corácea	Marron	Blanco con halo marron	Brillante	Ovalado	Bueno
MBC 109	Recto	Poco hilachosa	Corácea	Marrón claro a oscuro	Blanco con halo marron	Brillante	Arriñonado	Intermedio
MBC 110	Recto	Poco hilachosa	Corácea	Marrón claro a oscuro	Blanco con halo marron	Brillante	Ovalado	Intermedio
MBC 111	Ligeramente curvo	Moderadamente hilachosa	Corácea	Marron	Blanco con halo marron	Intermedio	Ovalado	Excelente
PLVI 1-3	Ligeramente curvo	Poco hilachosa	Corácea	Amarillo	Blanco con halo marron	Brillante	Ovalado	Intermedio
Moda	Ligeramente curvo	Poco hilachosa	Corácea	Marrón claro a oscuro	Blanco con halo marron	Brillante	Ovalado	Intermedio
Frecuencia	4	4	9	5	9	4	5	6
Porcentaje (%)	44	44	100	56	100	44	56	67

ANEXO VII. Características cuantitativas evaluadas en el ensayo de líneas de frijol amarillo – Ensayo II

Línea	Hoja		Días a Floracion	Días a Madurez Fisiologica	Altura	Diámetro Tallo	Nudos/planta	Botón		Bractéola		Racimos/planta	Longitud Inflorescencia	Longitud Pedicelo	Vaina	
	Long.	Ancho						Long.	Ancho	Long.	Ancho				Long.	Ancho
MBC 87	10.27	8.08	76	153	135.42	0.53	14.58	0.77	0.37	0.57	0.37	13.67	3.17	0.82	12.15	0.94
MBC 95	9.83	7.40	78	153	154.33	0.53	14.33	0.62	0.37	0.68	0.58	12.00	3.43	0.40	13.12	0.87
MBC 97	12.25	8.33	78	153	120.00	0.40	10.67	0.80	0.37	0.50	0.28	15.00	3.22	0.82	11.59	0.87
MBC 102	10.18	7.33	77	152	180.33	0.62	18.50	0.60	0.33	0.77	0.50	12.33	3.25	0.47	11.86	3.33
MBC 106	11.62	8.17	77	151	143.50	0.47	15.42	0.73	0.43	0.50	0.37	16.33	3.00	0.72	11.83	0.94
MBC 108	11.17	7.67	75	153	165.78	0.49	17.67	0.83	0.40	0.50	0.37	10.00	3.08	0.38	12.96	0.68
MBC 109	12.38	8.85	75	153	158.71	0.51	15.22	0.80	0.33	0.50	0.33	9.67	3.72	0.70	13.80	0.75
MBC 110	9.02	8.13	77	152	128.50	0.53	17.08	0.87	0.30	0.50	0.33	13.33	3.28	0.55	13.13	0.97
MBC 111	11.12	8.92	78	152	165.67	0.64	15.39	0.73	0.35	0.70	0.50	18.00	3.67	0.62	12.15	1.00
PLVI 1-3	11.88	7.90	77	153	102.73	0.53	11.47	0.77	0.47	0.50	0.23	12.00	2.55	0.58	11.20	0.77
Promedio	10.87	8.10	76.81	152.44	150.25	0.53	15.43	0.75	0.36	0.58	0.40	13.37	3.31	0.61	12.51	1.15
Desv.est	1.13	0.57	1.24	0.73	19.77	0.07	2.29	0.09	0.04	0.11	0.10	2.76	0.25	0.17	0.76	0.83
CV (%)	10.41	6.98	1.61	0.48	13.16	13.93	14.82	12.17	10.82	18.51	24.67	20.65	7.46	27.58	6.06	71.86

Continua

Línea	Longitud ápice	Vainas/planta	Loculos/vaina	Semillas/vaina	Peso 100 semillas	Semilla			Ramas/planta	Rendimiento (kg/ha)
						Long.	Ancho	Grosor		
MBC 87	1.15	25.92	4.08	3.83	53.48	16.13	8.66	6.46	2.00	497.02
MBC 95	1.90	16.83	4.75	4.75	61.01	13.38	9.03	6.70	2.00	660.71
MBC 97	2.07	15.67	5.00	4.83	56.59	13.57	9.22	7.01	2.00	770.83
MBC 102	1.50	21.92	4.28	4.15	45.66	12.39	7.77	6.89	2.00	583.33
MBC 106	1.19	21.67	4.67	4.58	50.66	14.98	8.24	6.79	2.00	491.07
MBC 108	1.95	14.72	3.73	3.47	57.24	14.24	7.81	6.70	2.00	988.10
MBC 109	1.93	18.73	4.37	4.05	56.12	14.84	8.13	6.77	2.07	922.62
MBC 110	1.70	14.42	4.08	3.50	47.32	15.87	8.65	6.90	2.33	797.62
MBC 111	1.59	33.94	4.82	5.46	55.83	13.49	8.78	6.82	2.00	1255.95
PLVI 1-3	1.20	25.83	3.58	2.92	34.47	12.30	7.74	6.24	3.67	303.57
Promedio	1.66	20.42	4.42	4.29	53.77	14.32	8.48	6.78	2.04	774.14
Desv.est	0.34	6.36	0.42	0.67	4.99	1.24	0.52	0.16	0.11	251.67
CV (%)	20.19	31.14	9.41	15.50	9.28	8.64	6.08	2.30	5.41	32.51

ANEXO VIII. Variación representada por los coeficientes de caracteres morfológicos en cada vector asociado a los seis componentes principales del Ensayo II.

Variables	Autovectores					
	e1	e2	e3	e4	e5	e6
Longitud de la hoja	-0.12	-0.17	0.13	-0.03	0.42	0.45
Ancho de la hoja	0.04	-0.27	0.15	0.35	0.27	0.02
Días a floración	0.09	0.08	0.35	-0.23	-0.15	-0.15
Días a madurez fisiológica	-0.09	-0.12	-0.15	-0.31	0.32	-0.31
Altura de la planta	0.27	0.15	-0.17	0.09	0.17	0.21
Diámetro del tallo	0.13	0.31	0	0.26	0.21	-0.23
Nudos por planta	0.17	0.18	-0.28	0.27	-0.14	0.13
Longitud del botón floral	-0.14	-0.31	-0.12	0.21	-0.05	-0.03
Ancho del botón floral	-0.26	0.06	0.14	-0.12	0.14	0.11
Longitud de la bractéola	0.23	0.31	0.08	-0.06	0.1	-0.12
Ancho de la bractéola	0.29	0.21	0	-0.09	0.03	-0.18
Racimos por planta	0.1	-0.01	0.4	0.19	-0.14	-0.01
Longitud de la inflorescencia	0.31	-0.12	-0.05	0.1	0.18	-0.09
Longitud del pedicelo	-0.06	-0.23	0.26	0.21	-0.06	0.07
Longitud de la vaina	0.16	-0.15	-0.34	0.04	0.05	-0.18
Ancho de la vaina	0.11	0.32	-0.01	0	-0.12	0.3
Longitud del ápice	0.17	-0.21	-0.17	-0.33	0.13	0.1
Vainas por planta.	0	0.16	0.27	0.32	0.33	-0.17
Lóculos por vaina	0.25	-0.13	0.27	-0.14	-0.04	0.11
Semillas por vaina	0.28	-0.06	0.27	-0.05	0.08	0.07
Peso de 100 semillas	0.26	-0.21	-0.06	-0.14	0.07	-0.07
Longitud del grano	0.02	-0.24	-0.11	0.34	-0.33	-0.2
Ancho del grano	0.16	-0.22	0.22	-0.17	-0.17	-0.35
Grosor del grano	0.27	-0.12	0.01	-0.05	-0.22	0.36
Ramas por planta	-0.3	0.1	0.05	-0.03	0.14	-0.15
Rendimiento por planta	0.24	-0.16	-0.07	0.13	0.29	0.01

ANEXO IX. Evaluación de síntomas en frijol de grano blanco

Línea	Repetición I			Repetición II		Repetición III	
	Síntomas	Calif.	Sev.	Calif.	Sev.	Calif.	Sev.
MBC 51	Mosaico	1	0%	1	0%	1	0%
	Deformación de la hoja	2	14%	1	0%	1	0%
	Reducción del tamaño	3	35%	3	14%	3	12%
MBC 52	Mosaico	1	0%	1	0%	1	0%
	Deformación de la hoja	2	11%	1	0%	2	17%
	Reducción del tamaño	4	26%	3	18%	2	17%
MBC 53	Mosaico	2	8%	1	0%	1	0%
	Deformación de la hoja	2	12%	1	0%	1	0%
	Reducción del tamaño	5	23%	4	16%	2	9%
MBC 58	Mosaico	1	0%	1	0%	1	0%
	Deformación de la hoja	2	16%	2	13%	1	0%
	Reducción del tamaño	4	12%	3	26%	3	11%
MBC 60	Mosaico	1	0%	1	0%	1	0%
	Deformación de la hoja	2	21%	1	0%	1	0%
	Reducción del tamaño	4	18%	3	13%	1	0%
MBC 61	Mosaico	1	0%	1	0%	2	11%
	Deformación de la hoja	1	0%	1	0%	2	12%
	Reducción del tamaño	4	13%	3	11%	4	18%
MBC 63	Mosaico	1	0%	1	0%	1	0%
	Deformación de la hoja	2	23%	2	15%	1	0%
	Reducción del tamaño	3	17%	2	9%	2	9%
MBC 76	Mosaico	1	0%	1	0%	1	0%
	Deformación de la hoja	2	15%	2	10%	2	12%
	Reducción del tamaño	3	12%	3	23%	3	14%
MBC 80	Mosaico	1	0%	1	0%	2	9%
	Deformación de la hoja	2	9%	2	18%	1	0%
	Reducción del tamaño	4	12%	4	21%	1	0%
Blanco Molinero	Mosaico	2	10%	1	0%	1	0%
	Deformación de la hoja	2	13%	3	19%	2	8%
	Reducción del tamaño	4	23%	3	16%	3	15%

FUENTE: Ing. Eusebio Reyes Huaman (Docente Facultad Ciencias Agrarias Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo- Huaraz, Ancash)

ANEXO X. Evaluación de síntomas en frijol de grano amarillo

Genotipos	Repetición I			Repetición II		Repetición III	
	Síntomas	Calif.	Sev.	Calif.	Sev.	Calif.	Sev.
MBC 87	Mosaico	2	5%	1	0%	2	24%
	Deformación de la hoja	4	25%	3	17%	6	35%
	Reducción del tamaño	4	50%	3	35%	5	15%
MBC 95	Mosaico	2	4%	1	0%	1	0%
	Deformación de la hoja	5	30%	4	9%	4	22%
	Reducción del tamaño	4	50%	4	35%	4	11%
MBC 97	Mosaico	2	5%	1	0%	1	0%
	Deformación de la hoja	4	10%	4	15%	2	2%
	Reducción del tamaño	4	40%	4	10%	4	18%
MBC 102	Mosaico	2	5%	1	0%	1	0%
	Deformación de la hoja	4	15%	4	7%	2	15%
	Reducción del tamaño	3	60%	5	24%	5	10%
MBC 106	Mosaico	1	0%	1	0%	2	14%
	Deformación de la hoja	4	22%	1	0%	2	16%
	Reducción del tamaño	2	20%	4	25%	4	12%
MBC 108	Mosaico	1	0%	1	0%	3	8%
	Deformación de la hoja	2	12%	3	10%	2	12%
	Reducción del tamaño	3	30%	4	15%	4	14%
MBC 109	Mosaico	1	0%	1	0%	1	0%
	Deformación de la hoja	6	16%	4	7%	2	14%
	Reducción del tamaño	4	25%	3	12%	3	24%
MBC 110	Mosaico	2	5%	2	4%	2	5%
	Deformación de la hoja	3	24%	2	5%	6	24%
	Reducción del tamaño	4	30%	3	45%	5	36%
MBC 111	Mosaico	1	0%	1	0%	1	0%
	Deformación de la hoja	2	14%	3	20%	4	14%
	Reducción del tamaño	3	25%	4	25%	4	10%
PLVI 1-3	Mosaico	1	0%	1	0%	1	0%
	Deformación de la hoja	1	0%	1	0%	1	0%
	Reducción del tamaño	4	40%	4	45%	3	16%

FUENTE: Ing. Eusebio Reyes Huaman (Docente Facultad Ciencias Agrarias Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo- Huaraz, Ancash)