

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LÍNEAS AVANZADAS DE FRIJOL
ARBUSTIVO CON GRANO GRANDE EN CONDICIONES DE CLIMA MEDIO Y
FRIO MODERADO DE COLOMBIA**

DIEGO ALEJANDRO MARÍN ZAPATA

DIEGO LEÓN HOYOS SIERRA

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO**

AMBIENTE

PROGRAMA DE AGRONOMÍA

DOSQUEBRADAS.2018

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LÍNEAS AVANZADAS DE FRIJOL
ARBUSTIVO CON GRANO GRANDE EN CONDICIONES DE CLIMA MEDIO Y
FRIO MODERADO DE COLOMBIA**

DIEGO ALEJANDRO MARÍN ZAPATA

DIEGO LEÓN HOYOS SIERRA

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Agrónomo.**

DIRECTOR

MANUEL FRANCISCO POLANCO PUERTA I.A. MSc. PhD.

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

PROGRAMA DE AGRONOMÍA

DOSQUEBRADAS

2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Dosquebradas, 2018

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La familia quienes siempre nos acompañaron incondicionalmente con paciencia y respeto y por sus enseñanzas de salir siempre adelante sin importar las adversidades.

Al ingeniero agrónomo Manuel Francisco Polanco asesor de este trabajo por su apoyo y dedicación brindado para realizar esta investigación.

A la universidad nacional abierta y a distancia UNAD por abrirnos sus puertas y darnos la oportunidad de prepararnos profesionalmente.

A todas aquellas personas que de forma directa o indirecta hicieron parte de este proceso.

Resumen

Para dar continuidad a la segunda fase del programa de mejoramiento de frijol (*Phaseolusvulgaris L*), que adelanta la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD y su Centro de Investigación de Agricultura y Biotecnología CIAB en el Municipio de Dosquebradas, Risaralda, se seleccionaron 10 líneas de la generación F9 de los cruces recíprocos realizados entre el frijol (*Phaseolusvulgaris*), ICA Quimbaya y el Frijol Cargamanto, con el fin de continuar con el proceso de selección, hasta obtener dos nuevas variedades, que se adapten a las condiciones del clima medio y frio moderado, adecuado y competente rendimiento, tipo de grano grande moteado o rojo y de habito de crecimiento arbustivo (Tipo I). Las líneas seleccionadas se evaluarán en dos localidades, la primera ubicada en un lote de la UNAD en el municipio de Dosquebradas a una altura de 1450-2010 m.s.n.m. La segunda en el municipio de Pereira vereda la Bella, a una altura de 1849 m.s.n.m. Se registraron datos de vigor y altura de la planta, días a floración y a madurez, número de vainas por planta, granos por vaina, peso de cien semillas. Estas dos nuevas variedades arbustivas, permitirá reducir el impacto negativo que ocasiona la siembra de frijoles volubles al medio ambiente, al no tener que extraer madera para construir el soporte a la planta, y al reducir el uso de plaguicidas al ser plantas con mayor resistencias a problemas fitosanitarios, mejorando la competitividad del cultivo en costos directos, mantenimiento y rendimiento por unidad de área.

PALABRAS CLAVES: Fitomejoramiento hibridación, homocigotas, líneas resistencia., rendimiento

Abstract

In order to give continuity to the second phase of the bean breeding program (*Phaseolus vulgaris*), which is being advanced by the National Open and Distance University- UNAD_ and its CIAB Research Center for Agriculture and Biotechnology in the municipality of Dosquebradas Risaralda, 10 lines of the generation F_s of the reciprocal crosses made between the red bean (*Phaseolus Vulgaris*), ICA Quimbaya and red bean Cargamanto, in order to continue the selection process, until obtaining two new varieties, that adapt to the conditions of the average climate and Cold moderate, adequate and competent yield, large speckled or red grain type and shrub growth habit (type I).

The selected lines will be evaluated in two locations, the first located in a lot of UNAD in the municipality of Dosquebradas at a height of 1450-2010 m. the second in the municipality of Pereira la Bella, at an altitude of 1849 m. data of vigor and height of the plant are recorded, day to flowering and ripening, numbers of pods, grains per pods, weight in one hundred seeds. These two new shrub varieties will allow reducing the negative impact of sowing volatile red beans on the environment, not having to extract wood to build support to the plant, and reducing the use of pesticides as plants with greater resistance to phytosanitary problems, improving the competitiveness of the crop.

KEYWORDS: Reciprocal crosses, shrub growth, fickle red beans, Phytosanitary.

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	14
2.	Justificación.	15
2.2.	Hipótesis de investigación.....	17
3.	Objetivos	18
3.1.	Objetivo general	18
3.2.	Objetivos específicos	18
4.	Marco Referencial.....	19
4.1.	Generalidades del cultivo – Origen y Distribución.....	19
4.2.	Clasificación Taxonómica.....	23
4.3.	Descripción Botánica	24
4.4.	Clasificación general del frijol	25
4.5.	Morfología.....	26
4.6.	Ciclo Fenológico	28
4.7.	Biología Floral.....	28
4.8.	Ecología y Fisiología.....	29
4.9.	Plagas y Enfermedades.....	30
4.9.1.	Plagas:	30
4.9.2.	Enfermedades.....	33
4.10.	Variedades de frijol	37
4.11.	Características fisicoquímicas y organolépticas	38
4.11.1.	Características fisicoquímicas.	38
4.11.2.	Características Organolépticas	39
4.12.	Establecimiento Del Cultivo.....	39
5.	Aspectos Metodológicos - materiales y métodos	43

5.1. Localización	43
5.1.1. Macrolocalización.....	43
5.1.2. Microlocalización.	43
5.2. Material vegetal.....	44
5.3. Equipos.....	44
5.4. Establecimiento del ensayo.	47
5.4.1. Manejo del cultivo.	48
5.5. Diseño experimental.....	49
5.5.1. Variables de respuesta	50
5.5.2. Análisis de información	51
6. Resultados y discusión.....	52
6.1. Evaluación morfoagronómica de las líneas f9 del cruce reciproco entre frijol quimbaya por cargamanto en clima frio moderado (la bella).	52
6.2. Evaluación morfoagronómica de las líneas F9 del cruce reciproco entre frijol Quimbaya y Cargamanto en clima medio (Dosquebradas)	59
6.3. Evaluación del efecto de la interacción de las líneas f9 del cruce reciproco entre frijol Quimbaya por Cargamanto en dos climas diferentes.	63
6.4. Análisis de correlación entre las variables respuesta para la generación f9. Del cruce reciproco entre frijol Quimbaya por Cargamanto en dos climas diferentes.	65
6.5. Selección de líneas F10 por Caracteres Deseados.	68
6.6. Evaluación morfoagronómica de las líneas f10 del cruce reciproco entre frijol Quimbaya y Cargamanto en clima frio moderado (la bella).....	69
6.7. Evaluación morfoagronómica de las líneas f10 del cruce reciproco entre frijol Quimbaya y Cargamanto frijol en clima medio (Dosquebradas)	73
6.8. Evaluación del efecto de la interacción de las líneas f10 del cruce reciproco entre frijol Quimbaya por Cargamanto en dos climas diferentes.	76

6.9. Análisis de correlación entre las variables respuesta para la generación f10 del programa de mejoramiento genético de frijol de la UNAD.....	79
6.10. Selección de líneas para la generación f11 por caracteres deseados	81
7. Conclusiones.....	82
8. Recomendaciones.	83

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Primer ciclo F9 dos localidades UNAD y La Bella</i>	50
Tabla 2. <i>Segundo ciclo F10 dos localidades UNAD y Bella</i>	50
Tabla 3. <i>Varianza de variables morfoagronómicas de 10 líneas F9 cruce frijol Quimbaya – Cargamanto - clima frio moderado</i>	53
Tabla 4. <i>Resultados del análisis de medidas - prueba Duncan a 5% - F9 en clima frio moderado</i>	54
Tabla 5. <i>Varianza variables morfoagronómicas 10 líneas F9 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto – clima medio</i>	59
Tabla 6. <i>Resultados del análisis de medidas -prueba Duncan a 5% de probabilidad - generación F9 - clima medio</i>	60
Tabla 7. <i>Varianza de la interacción 10 líneas F9 - programa de mejoramiento del frijol de la UNAD - dos climas diferentes</i>	64
Tabla 8. <i>Resultados del análisis de medidas - prueba Duncan a 5% de probabilidad - generación F9 - dos climas diferentes</i>	65
Tabla 9. <i>Análisis de Correlación de Pearson - generación F9 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto</i>	68
Tabla 10. <i>Varianza variables morfoagronómicas de 4 líneas F10 - programa de mejoramiento de frijol de la UNAD - clima frio moderado</i>	69
Tabla 11. <i>Resultados del análisis de medias - prueba Duncan a 5% de probabilidad - generación F10 - clima frio moderado</i>	70
Tabla 12. <i>Varianza para las variables morfoagronómicas de 4 líneas F10 - cruce frijol Quimbaya – Cargamanto - clima medio</i>	73

Tabla 13. <i>Resultados de la prueba Duncan a 5% de probabilidad - generación F10 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto - clima medio</i>	74
Tabla 14. <i>Varianza de la interacción de las 4 líneas F10 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto climas diferentes</i>	77
Tabla 15. <i>Resultados de la prueba Duncan a 5% de probabilidad - generación F10 - cruce frijol Quimbaya y Cargamanto - dos localidades</i>	78
Tabla 16. <i>Análisis de correlación de Pearson entre variables evaluadas</i>	80

Lista de Figuras

<i>Figura 1. Principales departamentos de Colombia productores de frijol</i>	21
<i>Figura 2. Principales países productores de frijol</i>	23
<i>Figura 3. A) Variedad Arbustiva B) Variedad Voluble</i>	26
<i>Figura 4. A) Frijol Cargamanto B) Frijol Ica Quimbaya</i>	37
<i>Figura 5. A) Frijol Bolón Rojo B) Frijol Calima</i>	37
<i>Figura 6. A) Lote UNAD</i> <i>6B) Lote La Bella</i>	44
<i>Figura 7. Balanza científica electrónica.</i>	45
<i>Figura 8. Calibrador electrónico</i>	46
<i>Figura 9. Cinta Métrica</i>	47
<i>Figura 10. Establecimiento del Ensayo</i>	48
<i>Figura 11. Número de granos por vaina de 10 líneas F9 - cruce Frijol Quimbaya - Cargamanto - clima frio moderado.</i>	56
<i>Figura 12. Peso de granos por planta líneas F9 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto - clima frio moderado.</i>	57
<i>Figura 13. Peso de Cien semillas Líneas F9 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto -clima frio moderado.</i>	58
<i>Figura 14. Longitud del grano Líneas F9 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto - clima frio moderado</i>	58
<i>Figura 15. Número de granos por vaina de las líneas F9 - cruce Quimbaya - Cargamanto - clima medio</i>	61
<i>Figura 16. Peso de granos por planta líneas F9 - cruce Quimbaya - Cargamanto - clima medio</i>	62

<i>Figura 17. Peso de cien semillas líneas F9 - cruce reciproco Quimbaya - Cargamanto - clima medio</i>	63
<i>Figura 18. Longitud del grano líneas F9 - cruce Quimbaya - cargamanto - clima medio ..</i>	63
<i>Figura 19. Granos generación F9 de L1 hasta L4</i>	66
<i>Figura 20. Granos generación F9 de L5 hasta L8.....</i>	67
<i>Figura 21. Granos generación F9 de L9 y L10.....</i>	67
<i>Figura 22. Peso de granos por planta de 4 líneas F10 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto.</i>	71
<i>Figura 23. Peso de cien semillas de 4 líneas F10 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto ..</i>	72
<i>Figura 24. Longitud del grano de 4 líneas F10 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto.</i>	72
<i>Figura 25. Peso de cien semillas de 4 líneas F10 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto - clima medio.</i>	75
<i>Figura N° 26. Longitud del grano de 4 líneas F10 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto - clima medio</i>	76
<i>Figura 27. Muestras de grano F10.....</i>	79

1. Introducción

El frijol constituye uno de los principales cultivos de la economía agrícola en Colombia, adquiriendo una posición muy importante como fuente de ingreso y base de alimentación en muchos de los hogares, se ha consumido de forma tradicional y es reconocido por su alto valor proteínico.

De este modo, es posible afirmar que, el frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) es una de las especies de leguminosas de grano más importante para el consumo humano. De otro lado, su contenido nutricional es alto en lisina, fibra alimentaria y vitaminas del complejo B.

El programa de mejoramiento de frijol de la UNAD, permite obtener dos nuevas variedades de frijol de hábito de crecimiento arbustivo, una con grano grande rojo moteado y otra de grano grande rojo, adaptadas a las condiciones de clima medio y al clima frío moderado, con adecuado rendimiento.

El programa de mejoramiento por introducción y selección no es otra cosa que la importación del material genético, se le considera como un método de mejoramiento porque el estudio sistemático de los materiales importados, puede rendir los mismos beneficios que se pudiera lograr con los métodos de mejora convencional, así, se logra ganancia genética, a través de cruzamientos entre cultivares de la misma clase comercial o acervos de frijol. Además, para un alto rendimiento debe ser llevado a cabo dentro de unos parámetros de hábito de crecimiento, madurez, adaptación local, factores específicos de resistencia a plagas y enfermedades, tamaño de semilla y las diferentes preferencias en calidad de cada región, donde se consume frijol.

2. Justificación.

El frijol es uno de los granos principales de la economía nacional, a esta labor se dedican más de 65.000 familias, que siembran unas 122.000 hectáreas al año, ubicadas en un 85% en zonas de clima medio y frío (Zona Andina), y un 13% en la costa atlántica, con una producción alrededor de 143.000 toneladas con un rendimiento promedio de 1.2 ton/ha (Agronet, 2015).

Así mismo, el frijol es un producto básico de la canasta familiar por sus altos contenidos de proteínas, se estima un consumo per cápita de 3.4 kg/habitante, por tanto es considerado en los programas de seguridad alimentaria, pero a pesar de ello en los últimos años se ha reducido la producción frente a la creciente demanda, lo que ha ocasionado que se tenga que importar miles de toneladas de frijol para cubrir este déficit. (Fenalce, 2015)

El 65% de la producción nacional de frijol proviene de variedades volubles o de enredadera, y el 35% restante de variedades arbustivas. Las variedades volubles o de enredadera se cultivan entre los 1.800 a 2.400 msnm y las arbustivas entre 0 a 1.800 msnm. La distribución de estas variedades en el país corresponde a los gustos de los consumidores locales. (Posada & Polanco, 2011)

Según datos de Fenalce, (2015), este sector de la economía, cuenta con aproximadamente 120.000 pequeños productores, la gran mayoría ubicados en los departamentos de Cundinamarca, Tolima y el Huila, con una producción aproximada del 57% del total nacional de este grano para este año. De igual forma, es importante describir la variación que presentó el frijol entre los años 2014 y 2015, en la cual, según el DANE, 2016, fue la mayor variación negativa “con 42,8% al producir 37.657 toneladas menos que en 2014” (Fenalce, 2015) (DANE, 2016.p.7)

En la región del Eje Cafetero, el frijol, es cultivado en menor proporción, como cultivo principal, o en sistemas de producción intercalados con el café, empleando la variedad ICA Quimbaya, material mejorado para las condiciones agroecológicas de la zona cafetera (entre los 1200 a 1600 msnm) y en las zonas de clima frío moderado (entre 1600 a 2400 msnm) como cultivo principal en monocultivo, en donde se siembra la variedad tradicional Cargamanto o la variedad Bolón Rojo, ambos de hábito de crecimiento voluble (Valencia, 2013).

Pese a que existe una variedad arbustiva, de frijol mejorada, bien adaptada a las condiciones del clima medio cafetero, los agricultores tienen una baja adopción de esta; una de las causas puede obedecer, al tipo de grano rojo alargado, que no es de la preferencia de los consumidores de esta región.

Bajo estas premisas el programa de mejoramiento de frijol de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD y su Centro de Investigación de Agricultura y Biotecnología CIAB en el municipio de Dosquebradas, departamento de Risaralda, realizó la hibridación, entre del frijol variedad ICA Quimbaya de excelente adaptación a las condiciones agroecológicas de la ecorregión y la variedad cargamanto de buen comportamiento en la zona fría y del gusto de los consumidores.

Generando un frijol de tipo 1 arbustivo, de granos grandes ovalados, de color rojo moteado y/o rojo intenso, muy similares a los biotipos cargamanto y al bolón rojo variedades tradicionales, de gran aceptación por los consumidores y con gran potencial para ser cultivados en la región.

2.1. Definición del problema

Los productores de frijol en Colombia, cuentan con una gran variedad de materiales de frijol mejorados, pero estas variedades en su gran mayoría son de hábito de crecimiento arbustivo y muy pocos materiales mejorados de hábito de crecimiento voluble o enredadera, a pesar de que el 65% de la producción nacional de frijol proviene de variedades volubles o enredadera, cultivadas en la región Andina por pequeños y/o medianos productores en sistemas poco tecnificados en los que prevalece la siembra independientemente de la variedad nativas o criollas, debido a una serie de factores que se clasifican como abióticos (ambientales, físicos y químicos) y bióticos (seres vivos con los que se relaciona).

Sumado a lo anterior, la producción de frijol voluble o enredadera requiere, el doble de los jornales empleados en un cultivo de frijol arbustivo, requiere también de soportes para guiar y sostener a las plantas, fibra y alambre, que encarecen los costos de producción y ocasionan también un impacto negativo al medio ambiente, sobre todo en las zonas altas donde nacen las fuentes de agua. Lo anterior hace urgente la necesidad de presentar propuestas de mejoramiento genético de variedades de frijol, adaptadas a las condiciones de clima medio y frío moderado, que sean variedades de tipo arbustivo, con resistencia a las principales enfermedades, de alto rendimiento y que satisfaga las exigencias de los consumidores.

2.2. Hipótesis de investigación

¿Por medio del proceso de selección de líneas avanzadas del programa de mejoramiento de frijol de la UNAD, es posible tener dos nuevas variedades de frijol de tipo arbustivo, apropiadas para los cultivadores de la zona media y moderada fría de Colombia?

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Contribuir al programa de mejoramiento de frijol de la UNAD, con la evaluación de líneas avanzadas, que conduzca a la obtención de nuevas variedades mejoradas de frijol, aptas para ser establecidas en clima medio y frío moderado, que satisfaga los gustos de los consumidores.

3.2. Objetivos específicos

- Seleccionar dos líneas avanzadas del programa de mejoramiento de frijol de la UNAD, adaptadas a las condiciones de clima medio y frío moderado, que sean de porte arbustivo y granos grandes, con resistencia a las principales enfermedades, alto rendimiento y que satisfaga las exigencias de los consumidores.
- Mejorar las variedades tradicionales o locales, a través de la hibridación y selección bajo condiciones locales de producción y con base en los criterios utilizados por los agricultores, obteniendo dos nuevas variedades de frijol arbustivo adaptadas a zonas de clima medio y clima frío moderado y con adecuado rendimiento.

4. Marco Referencial

4.1. Generalidades del cultivo – Origen y Distribución

El frijol común se originó en Mesoamérica y posteriormente se domesticó entre los 5000 y 2000 años a. C. en dos sitios del continente Americano: Mesoamérica (México y Centroamérica) y los Andes (Sudamérica). A partir del frijol silvestre se formaron dos acervos genéticos domesticados distintos, Mesoamericano y Andino.

El uso de nuevas herramientas biotecnológicas y genómicas ha ofrecido evidencias definitivas sobre el origen, domesticación y diversidad de *Pvulgaris*. (Zizumbo & Colunga, 2010).

En el frijol la domesticación redujo la diversidad genética por un fenómeno denominado “cuello de botella de la domesticación”, que consiste en la reducción de la diversidad genética de la población en comparación con su ancestro. Debido al pequeño número de individuos que fundaron las poblaciones domesticadas (efecto fundador) (Ladizinsky, 1998).

La posterior selección con base en características particulares que redujeron aún más la diversidad genética de loci específicos y regiones genómicas circundantes (Papa, Nanni, Sicard, Rau, & Attene, 2006).

El género *Phaseolus* incluye cinco especies domesticadas: *P. vulgaris* (frijol común), *P. lunatus* (frijol lima), *P. acutifolius* (frijol tépari), *P. coccineus*ssp. *coccineus* (frijol ayocote) y *P. dumosus* = *P. polyanthus*(= *P. coccineus*ssp. *darwinianus*) (frijol de año)(Freytag & Debouck, 2002). Los primeros trabajos sobre el origen y evolución del frijol se remontan a Miranda-Colín (1967) y Gentry (1969), quienes afirmaron que la forma silvestre de frijol se encuentra en Mesoamérica. Posteriormente, se han propuesto Centros de Origen y

Domesticación alternativos que trabajos sucesivos han ratificado o rectificado. (Kwak & Gepts, 2009).

El grupo al que pertenece el género *Phaseolus* es uno de los alimentos más antiguos conocidos por el hombre y ha formado parte importante de su dieta alimenticia desde tiempos remotos. Cuando los conquistadores del Imperio español llegaron al Nuevo Mundo, florecían diversas variedades de frijol, Cristóbal Colón les llamó 'faxones' y 'favas' por su parecido a las habas del viejo mundo. Los Aztecas los llamaban 'etl', los Mayas 'búul' y 'quinsoncho', los Incas 'purutu', los Cumanagotos de Venezuela 'caraotas', en el Caribe les denominaban Cunada, los Chibchas 'histe' (Villalobos & Ugalde, 1987). Los primeros exploradores y comerciantes llevaron posteriormente las variedades de frijol Americano a buena parte del planeta tierra, y a principios del siglo XVII, los frijoles ya eran cultivos populares en Europa, África y Asia.(Secretaría de Agricultura, 2007).

De acuerdo a estudios de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el frijol, es la leguminosa alimenticia más importante en el consumo humano del planeta. Este cultivo es producido en sistemas, regiones y ambientes tan diversos como América Latina, África, el Medio Oriente, China, Europa, los Estados Unidos, y Canadá. En América Latina, es un alimento tradicional e importante, especialmente en Brasil, México, América Central y el Caribe. (Schneider, 2012).

Con relacion al mercado Colombiano, el principal departamento productor de frijol tipo exportación en Colombia para 2014, a partir de la información del Ministerio de Agricultura, fue Valle del Cauca, con 63.322 kg del grano; le sigue Antioquia, con 63.309, y Cundinamarca, con 5.868 kg. Cabe anotar que estos datos no discriminan las variedades de la semilla (Fenalce, 2013).

Los principales departamentos de Colombia productores de frijol para el año 2014 son los siguientes representados en la gráfica proporcionada por Fenalce son:

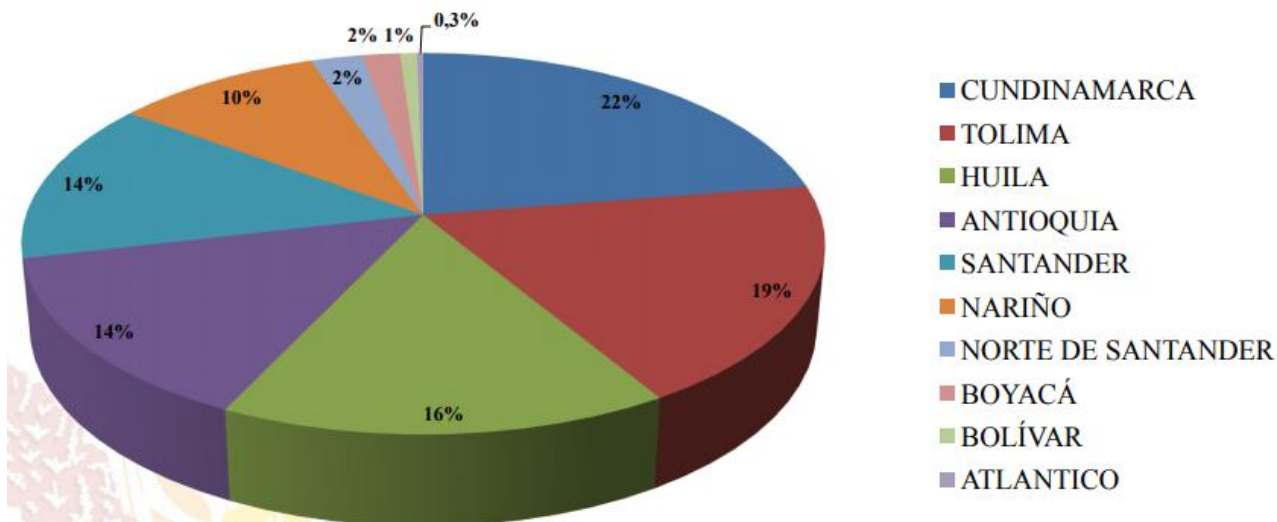


Figura 1. Principales departamentos de Colombia productores de frijol año 2014

Fuente: FENALCE, 2015

Dentro de las variedades de frijol que destacan en las regiones colombianas están las de raíces criollas, como el cargamanto en Antioquia, el bola roja en el Altiplano Cundiboyacense, o el mortiño en Nariño. El fríjol de la clase calima, también perteneciente a la familia criolla, es más versátil y se cultiva en varias regiones. (Fenalce, 2013)

La producción mundial de frijol registra tendencia al alza durante la década reciente, impulsada por aumentos en la superficie cultivada y en los rendimientos promedio por unidad de superficie. En siete países se concentra el 63% de la cosecha mundial de la leguminosa: India, Myanmar, Brasil, Estados Unidos, México, China y Tanzania. El comercio de frijol en el mercado internacional es reducido en comparación con otros productos agrícolas; en

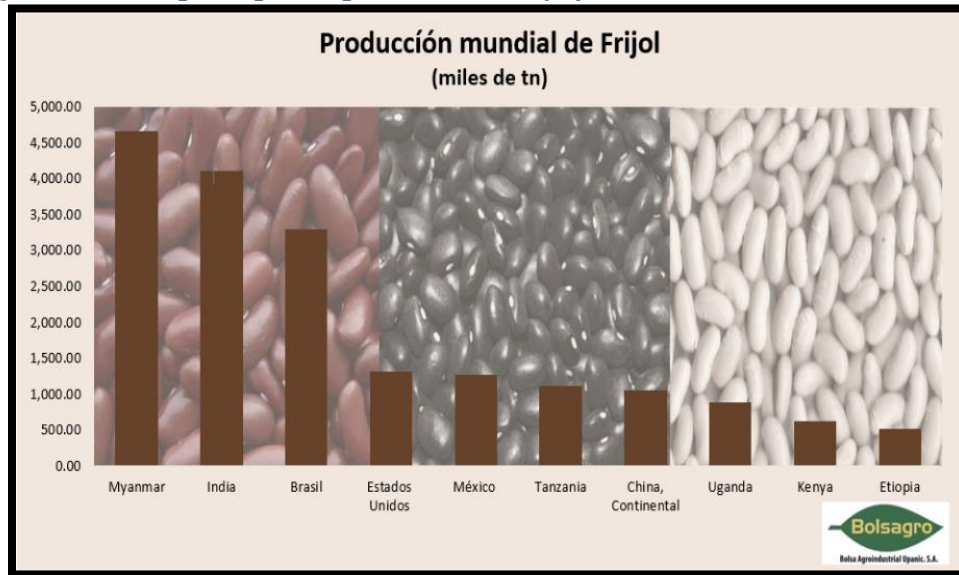
general, los principales países productores destacan también como importantes consumidores.(Sectorial, 2016)

Debido a las bondades del clima y de la lluvia en las zonas frijoleras, la producción de frijol está entre las de mayor rendimiento de América latina con un promedio de 1.200 kg/hectárea. La variabilidad de ambientes desde los 500 msnm hasta los 2800 msnm, permite la producción de muchas variedades, entre las cuales se destacan los cargamantos y bolas rojas. (FENALCE, 2013)

Los principales países consumidores de frijol en el mundo, corresponden prácticamente a los países productores, con excepción de Myanmar, uno de los principales productores, pero no consumidor del mundo. Por otra parte, los cuatro principales países importadores de frijol son también importantes productores. Lo anterior, debido a que estos países realizan compras en el exterior con el fin de complementar su demanda. Este es el caso de India, Brasil, México y Estados Unidos, que en conjunto participan con el 41.9 por ciento del volumen importado a nivel mundial. (Sectorial, 2016)

Como se muestra en la siguiente gráfica:

Figura 2. Principales países productores de frijol



Fuente: Ministerio de agricultura

4.2. Clasificación Taxonómica

El frijol, es una especie nativa de Mesoamérica y Sudamérica, y sus numerosas variedades se cultivan en todo el planeta para el consumo, tanto de sus vainas verdes como de sus semillas frescas o secas. Chazan, Michael (2008)

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: Phaseolus

Especie: Phaseolus Vulgaris (L, sp.Pl, Vol. 2. P 723, 1753

4.3. Descripción Botánica

Según Hernández, (2011), El frijol es una planta herbácea anual, erecta o trepadora, de tallo pubescente o glabrescente cuando adulta. Las estipulas de las hojas tripinnadas son de forma lanceolada y de tamaño medio-centimétrico. Los folíolos son anchamente ovados u ovado-romboidal, los laterales, implantados oblicuamente, miden 4-15 por 2,5-10 cm y son pubescentes con base redondeada o anchamente cuneada, de bordes enteros y ápice acuminado. (Hernández, 2011)

Las flores se disponen en racimos usualmente axilares, más cortos que las hojas. Las bractéolas, persistentes, son habitualmente de longitud igual o algo superior al cáliz que es cupuliforme, bilabiado, de 3-4 mm, con 5 sépalo soldados y con el labio superior bidentado emarginado y el inferior tridentado. La corola, que puede ser blanca, amarilla, violácea o roja, tiene el estandarte centimétrico suborbicular y reflejo, las alas obovadas adheridas a la quilla, también centimétrica y con ápice espiralmente retorcido. (Hernández, 2011)

Los estambres son diadelfos (9 soldados y 1 libre) mientras que el ovario es pubescente con el estilo espiralmente torcido de 360° o más y con estigma oblicuo. Dicho gineceo deriva en una legumbre lineal-oblonga de unos 10-15 por 1-1,5 cm, algo curvada e hinchada, glabra, picuda y con 4-10 semillas oblongas en forma de riñón de diversos colores y tamaños, usualmente 1-2 por 0,5-1,5 cm. (Hernández, 2011)

4.4. Clasificación general del frijol

Según Fenalce (2013), la planta de frijol se puede clasificar según sus hábitos de crecimiento, los cuales son de 4 tipos:

1. Tipo I - Hábito de crecimiento determinado arbustivo: El tallo principal es vigoroso y presenta 5 a 10 entrenudos comúnmente cortos. La altura de las plantas varía normalmente de 30 a 50 cm (aunque existen casos de plantas enanas con 15 a 25 cm de altura).
2. El crecimiento de la planta se detiene una vez aparece la inflorescencia que se ubica en la punta del tallo principal y en las ramas laterales. La etapa de floración es rápida y la madurez de las vainas ocurre en forma bastante concentrada.
3. Tipo II - Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo: El crecimiento de la planta es erecto, el número de ramas es bajo y el tallo principal normalmente desarrolla una guía de escaso crecimiento. El crecimiento en los tallos continúa después de la floración.
4. Tipo III - Hábito de crecimiento indeterminado postrado: La etapa de floración es más prolongada que en los hábitos Tipo I y II, y la madurez de sus vainas es bastante menos concentrada. Las plantas presentan un hábito postrado o semipostrado, con un gran sistema de ramificación. Si el tallo principal y sus múltiples ramificaciones cuentan con algún tipo de soporte, la planta puede presentar aptitud trepadora a partir de las guías que tienen en su parte terminal (se presentan luego de iniciada la floración); los entrenudos de las guías son más largos que los de los tallos.

5. Tipo IV - Hábito de crecimiento indeterminado trepador: las ramas son pocas y el tallo principal puede tener de 20 a 30 nudos y alcanzar hasta 2 metros de altura o más si es guiado. La floración se prolonga durante varias semanas, pudiendo presentarse vainas casi secas en la parte basal de la planta, mientras en la parte alta continúa la floración. (Fenalce, 2013)



Figura 3. A) Variedad Arbustiva B) Variedad Voluble

Fuente: Elaboración propia

4.5. Morfología

La morfología general de la planta del frijol según Kwak & Gepts, (2009), es de característica herbácea semestral - anual, enredada en forma de espiral en algún soporte, o erecta en forma de arbusto con algunos pelillos, esta planta puede alcanzar alturas hasta de 40 cm de alto en variedades arbustivas y hasta 3 m de largo en variedades volubles. (Kwak & Gepts, 2009).

A continuación se describen las características morfológicas de la planta de frijol, según cada una de sus partes:

1. **Raíz:** Al germinar el fríjol desarrolla una radícula cónica con numerosas ramificaciones laterales, algunas de las cuales se proliferan. La estructura primaria puede observarse en la parte tierna de la raíz principal. Consiste de epidermis, con pelos absorbentes, tejidos corticales, periciclo y cilindro central.
2. **Tallo:** En la planta madura el tallo es aristado o cilíndrico. Su epidermis se compone de una capa de células con paredes externas engrosadas, pubescentes o lisas, los tejidos corticales están formados por unas pocas capas de parénquima, ricos en cloroplastos; periciclo caracterizado por bandas angostas de corte fibroso; floema, cambium y xilema, constituidos por una masa de vasos traqueidales y con médula hueca en las plantas desarrolladas.
3. **Flores:** Las flores aparecen en racimos en las axilas de las hojas. Cada flor individual tiene una bráctea basal y al final del pedúnculo un par de bractéolas. Hay dos pétalos laterales, las alas, y uno superior y más grande, el estandarte, los colores de los pétalos en el fríjol varía de blanco a morado y cambian con la edad de la flor y las condiciones ambientales.
4. **Fruto o legumbre:** El fruto del frijol es una vaina o legumbre, que varía mucho en forma, tamaño y número de semillas. Las semillas, a su vez, también presentan gran diversidad de formas (cilíndricas, elípticas u ovales) y colores (desde el blanco hasta el negro), pudiendo ser la coloración uniforme o manchada. Es Una legumbre de un solo carpelo, cuya placenta ventral se abre en la madurez por si sola para que puedan salir las semillas.

4.6. Ciclo Fenológico

Las etapas de desarrollo del frijol son diez: cinco de desarrollo vegetativo y cinco de desarrollo reproductivo, requiriéndose de 62 a 77 días después de la siembra para completar la madurez. La planta del frijol se caracteriza por sus hábitos de crecimiento arbustivo y voluble, los cuales se relacionan con el periodo de maduración de la plántula; el arbustivo presenta un tiempo de maduración corto mientras el voluble es por etapas; es decir, en lapsos de tiempo.(Morales & Castillo, 2009).

4.7. Biología Floral

Antes de iniciar la floración, la planta presenta botones florales prominentes; en el caso de los cultivares determinados (tiene un crecimiento establecido), las primeras flores en abrir son las correspondientes a los botones ubicados en la parte terminal del tallo principal y de las ramas; posteriormente, la floración se extiende sucesivamente hacia los nudos inferiores de los tallos. En el caso de los cultivares indeterminados, la floración comienza en los nudos reproductivos inferiores del tallo principal y de las ramas, para posteriormente extenderse sucesivamente hacia los nudos superiores.(Morales & Castillo, 2009)

La flor del fríjol, que es una típica flor papilionácea, presenta un pedicelo con pelos uncinulados; el cáliz es gamosépalo y en su base hay dos bractéolas verdes y ovoides que persisten hasta poco después de la floración. La corola, por su parte, es pentámera y en ella se pueden distinguir las siguientes partes: el estandarte o pétalo posterior, que es glabro y simétrico, las alas, que corresponden a los dos pétalos laterales y la quilla, que está formada por los dos pétalos anteriores, los cuales se encuentran totalmente unidos. La quilla, que es asimétrica, se

presenta en forma de espiral muy cerrada, envolviendo completamente al gineceo y al androceo.(Morales & Castillo, 2009)

El androceo está formado por nueve estambres soldados en la base y por un estambre libre llamado vexilar, que se encuentra al frente del estandarte. El gineceo súpero incluye el ovario comprimido, el estilo encorvado y el estigma interno. La morfología floral del fríjol favorece el mecanismo de autopolinización; en efecto, las anteras están al mismo nivel que el estigma y, además, ambos órganos están envueltos completamente por la quilla. Al ocurrir la dehiscencia de las anteras (antesis), habitualmente con las flores aún cerradas, el polen cae directamente sobre el estigma; una vez ocurrida la polinización se produce una rápida apertura de las flores.(Morales & Castillo, 2009)

4.8. Ecología y Fisiología

Con respecto al tema de la fisiología de la planta, Arias, Rengifo, & Jaramillo, (2007) indican que es importante afirmar que esta planta tiene la facilidad de adaptarse a diferentes pisos térmicos que van desde los 900 msnm hasta los 2700 msnm. Su fisiología puede variar de acuerdo a la zona donde esta se cultive. En Colombia se cultiva tanto en zonas de montaña como en las zonas planas. De igual forma, los autores enumeran unos criterios que se pueden ver afectados de acuerdo a la zona donde esté ubicada la planta, los cuales son:

5. **Temperatura** : El rango óptimo para el buen desarrollo de la planta oscila entre los 15 a 27 grados Centígrados. Temperaturas por encima de estas condiciones limita el crecimiento de la planta y disminuye su producción.

6. **Humedad relativa:** La ideal está en el rango del 60 al 70 %, humedades más altas favorecen el desarrollo y proliferación de enfermedades causadas por hongos, ocasionando daño en las vainas y caída de flores.
7. **Tipo de suelo:** el cultivo se desarrolla de manera adecuada en suelos franco- limosos, y franco- arcillosos bien drenados y profundos que permitan el buen desarrollo radicular, ricos en materia orgánica, y con buena humedad.
8. **Ph:** el rango óptimo oscila entre 5.5 y 6.5.
9. **Requerimiento hídrico:** para un buen desarrollo del cultivo se requiere precipitaciones superiores a 500 mm bien distribuidos durante el año.

4.9. Plagas y Enfermedades

4.9.1. **Plagas:** Son muchas las especies de insectos que se pueden encontrar asociadas al frijol. Según Guarín, en el cultivo de frijol hay más de 200 especies de insectos que en algún momento pueden actuar en detrimento de la producción; sin embargo, su sola presencia en el cultivo no les da la connotación de plaga, concepto que involucra el aspecto económico. Es decir, se considera plaga en un cultivo aquel insecto que, además de estar presente, causa un daño de importancia económica.

Por eso se debe tener la suficiente claridad acerca de cuáles son los factores que pueden favorecer la explosión de sus poblaciones por encima del umbral económico de daño, o qué poblaciones favorecen la expresión de agentes reguladores que contribuyan a disminuirlos hasta niveles tolerables.

Según Tamayo & Londoño, (2001), “En Colombia se han registrado cerca de 85 plagas en fríjol: 76 insectos, cinco ácaros, un miriápodo y tres moluscos. De éstos, solamente diez alcanzan el nivel de plaga de importancia económica. (p.23)

A continuación se nombran algunas:

1. **Mosca de la semilla:** su nombre científico es *Hilemyacilicrurarondani*, y normalmente los adultos de este insecto son muy parecidos a la mosca casera. Los suelos recién labrados y con alto contenido de materia orgánica atraen a las hembras que ovipositan en el suelo, cerca de las semillas o en las plántulas. Es más común en suelos de zonas frías, donde se ha observado en lotes con aplicaciones abundantes de gallinaza. (Tamayo & Londoño, 2001)

La semilla atacada por la larva generalmente no emerge, y si lo hace, la plántula que resulta es muy débil. Las larvas son de color blanco o crema, de aproximadamente 6 mm de largo, ápodas y de integumento muy resistente.

Después de eclosionar, barrenan los cotiledones y, al alimentarse de ellos, dañan con frecuencia el embrión. Las larvas también pueden penetrar por el pequeño tallo de las plántulas. (Betancour & Dávila, 2002.p.9).

Este daño generalmente es más severo durante períodos húmedos y fríos. Se han registrado pérdidas hasta del 80% ocasionada por el ataque de este insecto.

2. **Chizas:** Varias especies de chizas atacan el fríjol. Las más comunes son *Phyllophagaobsoleta*, *Cyclocephalasp.*, *Ancognatasp.*, *Anomalasp.*, *Plectrissp.*, y *Macroductylussp.* Zuluaga & Sierra, (1994), semana que:

En fríjol, atacan en sus estados larvales, ocasionando daños en las raíces que perturban el desarrollo de las plantas y pueden causar su muerte. Cuando las poblaciones son altas (5-6

larvas/m²) producen severas reducciones en el rendimiento del fríjol. (Zuluaga & Sierra, 1994.p.36)

El ciclo completo de las chizas, en la mayoría de las especies, dura aproximadamente un año y el último estado larval es el más voraz. Se han identificado varios enemigos naturales de las chizas que atacan distintos estados de desarrollo del insecto. Zuluaga & Sierra (1994), Al respecto, se destacan “el *Bacilluspopilliae*, causante de la enfermedad lechosa en larvas y pupas, un *nemátodo* del género *Rabditida* que actúa sobre larvas, y los hongos *Metarhiziumanisopliae* y *Beauveriabassiana*, que atacan todos los estados de desarrollo de la plaga”. (p.37)

3. **Lorito verde:** El lorito verde o salta hojas (*Empoascakraemeri*) es considerado como la plaga más importante del fríjol en el mundo. Sin embargo, para las condiciones del clima frío en Antioquia en pocas ocasiones se presenta como plaga de importancia económica.

El insecto en estado de ninfa y adulto causa daño al alimentarse del tejido del floema, aunque es posible que también intervenga una toxina. El daño se manifiesta en forma de encrespamiento y clorosis foliar crecimiento raquíptico, gran disminución del rendimiento o pérdida completa del cultivo. El ataque es más severo en épocas secas y cálidas y la situación se agrava cuando la humedad del suelo es insuficiente (Tamayo & Londoño, 2001)

4. **Mosca blanca:** Dentro de las especies de moscas blancas conocidas en fríjol en clima frío, se encuentra *Trialeurodesvaporariorum*. La gravedad del ataque de la mosca blanca en el cultivo de fríjol no es tanta como los desequilibrios que causa el alto uso de agro tóxicos para su control.

La cantidad de enemigos naturales de este insecto ha puesto de manifiesto su gran potencial cuando se reduce la presión con insecticidas. De este modo, aparecen reguladores como *Amitus* sp y entomopatógenos como *Lecanicillium*, *Achersonia* y *Beauveria* (Guarín, citado por Ríos, 2002).

5. **Barrenador de la vaina epinotiaaporema:** Este insecto hace daño como larva y es conocido como perforador de la vaina. Afecta las yemas terminales e induce la emisión de nuevos brotes, y puede ocasionar también daños y abortos en flores. Las yemas afectadas por el insecto se deforman y las vainas se pudren por la acción de organismos secundarios (Guarín, citado por Ríos, 2002).

Esta plaga inicia sus ataques en las etapas vegetativas del cultivo, y es más severa en etapas de prefloración y floración. Posteriormente ataca las vainas recién formadas actuando como perforador.

6. **Gorgojo común del fríjol:** Las principales plagas del fríjol almacenado son *Acanthoscelidesobtectus* y *Zabrotessubfasciatus*. La principal diferencia entre las dos especies radica en el comportamiento durante la oviposición.

Las hembras de *Aobtectus* diseminan sus huevos entre las semillas almacenadas, o infestan el fríjol en el campo, donde ponen los huevos en las cuarteaduras o cortes de las vainas en desarrollo, las larvas primero salen de los huevos y luego penetran en las semillas.

En cambio, como los huevos de *Z. subfasciatus* se encuentran fuertemente adheridos a las semillas, las larvas rompen el cascarón de los huevos y perforan las semillas en forma simultánea. (Tamayo & Londoño, 2001)

4.9.2. **Enfermedades.** En las diferentes regiones del país se tiene una presión

considerable de enfermedades, debido a la prevalencia de condiciones ambientales favorables para su hábitat, son comunes y muy limitantes, entre otras enfermedades, la antracnosis (*Colletotrychum lindemuthianum*), mancha anillada (*Phoma exigua* var. *Diversispora*), mancha angular (*Paeosiaripsis griseola*), pudriciones radicales (*Fusarium solani* forma *Phaseoli*, *Pytium* sp., *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* forma *Phaseoli*) y virus del mosaico común del fríjol.

El problema de las enfermedades se hace más grave debido a la siembra de variedades comunes susceptibles y al empelo de semilla producida por los mismos agricultores, que, en la mayoría de los casos, no reúne los parámetros de calidad requeridos. (Tamayo & Londoño, 2001)

A continuación se describen algunas de las enfermedades más comunes causadas por las condiciones nombradas anteriormente:

1. **Antracnosis:** La antracnosis es causada por el hongo *Colletotrychum lindemuthianum*, enfermedad que ataca en todo el mundo las variedades susceptibles establecidas en localidades con temperaturas moderadas a frías, y con alta humedad relativa ambiental. La enfermedad puede causar pérdidas hasta del 100% cuando se siembra semilla severamente afectada, bajo condiciones favorables para su desarrollo (Tamayo, 1995).

Los síntomas producidos por la infección ocasionada por la antracnosis pueden aparecer en cualquier parte de la planta, según el momento de la infección y la fuente de inóculo. La semilla infectada y los residuos de cosecha son las fuentes primarias de inóculo que originan las epidemias locales.

Los primeros síntomas pueden aparecer en las hojas cotiledonales como lesiones pequeñas de color café oscuro o negro. Las lesiones inicialmente se pueden desarrollar en los pecíolos y en el envés de las hojas, así como en las venas, en forma de manchas

pequeñas y angulares, de color rojo ladrillo o púrpura, las cuales posteriormente se vuelven café oscuras o negras. Las infecciones en las vainas se manifiestan en forma de lesiones, de un color entre encarnado y amarillo rojizo, y dan origen a chancros deprimidos, delimitados por un anillo negro, el cual está rodeado a su vez por un borde café rojizo (Tamayo P, 1995).

2. **Mancha anillada:** La mancha anillada es causada por el hongo *Phoma exigua* var. *Diversispora*, muy común en las condiciones del clima frío moderado. Esta enfermedad le sigue en importancia a la antracnosis, por su alta incidencia, la severidad de los daños y las altas pérdidas que causa en el cultivo.

La alta humedad y las temperaturas frías a moderadas favorecen la infección por la mancha anillada. Inicialmente los síntomas aparecen en las hojas, donde se observan lesiones zonadas, de color café a negro que, más tarde, pueden contener pequeños picnidios negros. Las lesiones también se pueden presentar en el pedúnculo, el pecíolo, las vainas y el tallo. Cuando ocurren epidemias severas se observa una caída prematura de las hojas. El hongo puede sobrevivir en la semilla (Tamayo P. , 1995)

3. **Mancha angular:** La mancha foliar angular del fríjol es causada por el hongo *PheoisariopsisGriseolaSacc.*, que se encuentra en regiones tropicales y subtropicales. Las pérdidas en rendimiento causadas por esta enfermedad pueden ser bastante elevadas y han alcanzado hasta un 60% en Colombia. El hongo tiene numerosos hospedantes, entre ellos *Phaseolusvulgaris*, *P.lunnatus*, *P.multiflorus*, *Pisumsativum* y *Vignasinensis* (Tamayo P, 1995).

El patógeno infecta el tejido de la hoja penetrando a través de los estomas y puede ser transmitido a través de la semilla. Este organismo sobrevive entre 140 y 500 días principalmente en residuos de cosecha infectados y en el suelo. También puede ser

diseminado por medio de los residuos de cosecha, las salpicaduras producidas por el agua y las partículas de polvo que son arrastradas por el viento, y a partir de las lesiones en esporulación también por la acción del viento (Tamayo P. , 1995).

4. **Pudrición radical por fusarium:** Esta enfermedad conocida como pudrición seca de las raíces es causada por el hongo *Fusarium solani*, *F. phaseoli*, está presente en la mayor parte de las zonas productoras de fríjol en el mundo y, además del fríjol común, afecta otras leguminosas.

El Fusarium es un hongo habitante del suelo y sobrevive en la materia orgánica. Las condiciones ambientales, como la compactación, la temperatura y el pH del suelo, afectan la susceptibilidad de la planta, siendo más grave en suelos compactos, ya que bajo estas condiciones las raíces no pueden escapar a la infección. Los suelos ácidos y los fertilizantes con nitrógeno amoniacal favorecen la infección. El daño por pudrición radical puede ser más grave durante los periodos de alta humedad del suelo, cuando se reduce la tasa de difusión de oxígeno.

Las esporas del hongo pueden ser transportadas en el agua de drenaje y riego, en el suelo por el agua de lluvia o inundaciones, en partículas de suelo adheridas a los implementos agrícolas y a los animales, en residuos de fríjol, en estiércol y, posiblemente, una vez que el hongo se ha introducido en una nueva área puede sobrevivir indefinidamente como un saprófito del suelo en la materia orgánica, o como un componente micorrízico de cultivos no susceptibles; por lo tanto, la incidencia del hongo se puede incrementar de manera significativa sembrando ininterrumpidamente un cultivo hospedero susceptible. El hongo no es portado internamente por la semilla. (CIAT, 2000).

4.10. Variedades de frijol

En Colombia, se cultivan principalmente variedades regionales y en menor escala variedades genéticamente modificadas. Las variedades del frijol difieren de acuerdo a la zona de cultivo; por ejemplo, en Antioquia es característica la variedad de frijol voluble de color crema con tintes de rojo, en Nariño el frijol rojo (bolones) o moteado rojo-crema, en el Huila, Cundinamarca y Boyacá se siembran frijoles volubles de color rojo (bolón), en el Valle del Cauca frijol tipo calima, al igual que en zonas del Huila y Tolima. (Betancour & Dávila, 2002)



Figura 4. A) Frijol Cargamanto B) Frijol Ica Quimbaya

Fuente: recuperado de <http://www.semillascamposeeds.com>



Figura 5. A) Frijol Bolón Rojo B) Frijol Calima

Fuente: recuperado de <http://www.semillascamposeeds.com>

4.11. Características fisicoquímicas y organolépticas

Las propiedades del frijol se dividen en dos, en fisicoquímicas y organolépticas, de las cuales se desprenden las físicas, químicas y de color olor y sabor. En el “manual del Frijol” elaborado por el “Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial junto con la vicepresidencia de fortalecimiento empresarial y la Cámara de Comercio de Bogotá, (2015), se cita a Ospina (2002), el cual hace una descripción de cada una de las propiedades mencionadas anteriormente:

4.11.1. **Características fisicoquímicas.** Inicialmente se procede describiendo las características fisicoquímicas, las cuales se dividen en físicas y químicas:

1. **Propiedades Físicas:** Las propiedades físicas del frijol se clasifican de acuerdo a las variedades del mismo, teniendo en cuenta variables como forma, tamaño, peso y capacidad de absorción del agua. Esta última es muy importante en granos, ya que se debe tener un punto de contenido de humedad adecuado para realizar la labor de cosecha y posterior almacenamiento. La superficie del grano es lisa, rugosa o angulosa, dependiendo de la variedad. (Ospina, 2002)
5. **Propiedades químicas:** Respecto al valor nutricional de frijol, se caracteriza por ser una fuente de proteína, variando su contenido dependiendo de la variedad. El frijol contiene lisina, un aminoácido esencial en la dieta del ser humano, ya que es el encargado de combatir radicales libres (moléculas presentes en el cuerpo humano, muy inestables por lo que generan daños a las células vivas y por tanto a la salud) en el cuerpo y combatir diferentes enfermedades.(Ospina, 2002)

4.11.2. Características Organolépticas

Color: Es una de las características más importantes en la determinación de la calidad en los granos. Este parámetro cambia de acuerdo a la diversidad, pudiendo ser blanco, crema, rojo, morado, marrón, rosado, negro, amarillo, entre otros.

Olor: Los granos deben estar libres de cualquier foco de contaminación, ya que un cambio en su olor característico, es decir olores como fermentado, moho son causa de rechazo.

Sabor: Debe estar libre de sabores fermentados, vinagre u otro ajeno a la variedad.

(Ospina,2002.p.115)

4.12. Establecimiento Del Cultivo

Para establecer un cultivo es importante seguir unos pasos, los cuales nos guiaran por un proceso acorde, ordenado y específico, a continuación se indican los pasos que se deben seguir:

1. **Selección del lote:** Para esta actividad se hace necesario conocer y propender por obtener las óptimas condiciones de suelo. Éstos deben ser preferiblemente de textura franca, bien drenados y con un alto contenido de materia orgánica en la cual la raíz pueda tener un buen anclaje. Es importante conocer también la disponibilidad de agua para el riego y su calidad, ya que este es un factor determinante en la instalación y manejo del cultivo.
2. **Preparación del terreno:** se debe tener en cuenta la pendiente o grado de inclinación del terreno, ya que de acuerdo con esta variable se hace necesario realizar algunas prácticas para evitar la erosión. El cultivo en terrenos con pendientes inclinadas puede volcarse; por eso se debe considerar, por ejemplo, el tipo de trazado, o realizando surcos a través de la pendiente para evitar la erosión del suelo y garantizar el fácil acceso al cultivo para

desarrollar ciertas actividades como fertilización, desyerbas o la misma cosecha. Para la preparación del suelo es necesario considerar las características físicas, el grado de inclinación del mismo, el hábito de crecimiento del cultivo y el sistema de cultivo, ya sea monocultivo o asociado con otra especie y el régimen de lluvias de la zona. (Betancour & Dávila, 2002)

3. Distancias de siembra: La distancia de siembra o densidad de siembra depende de la variedad a sembrar, el tipo de suelo, la pendiente del terreno y las condiciones agroclimáticas de la zona como luminosidad, pluviosidad, vientos. Para establecer la distancia a la cual se debe sembrar es necesario conocer la pendiente del terreno (Betancour & Dávila, 2002). Para siembra de variedades arbustivas las distancias comúnmente usadas son de 0.50 a 0.70 metros entre surcos y 10 semillas por metro, para variedades volubles se usan de 1.10 a 1.50 metros entre surcos y entre plantas de 3 a 4 sitios por metro y en cada uno dos semillas. (Arias, Rengifo, & Jaramillo, 2007)
4. Riego: Para establecer el riego en el cultivo del frijol, se hace necesario conocer los requerimientos hídricos de la planta y las condiciones de precipitación de la zona donde se va a implementar el cultivo. De esta forma se garantiza que la planta disponga del agua que necesita.
5. También se ha de lograr instaurar un sistema de riego adecuado para el cultivo y el coeficiente del mismo para relacionar la demanda de agua con la etapa de desarrollo de la planta. Es necesario conocer estas variables, ya que el desbalance hídrico puede ocasionar pérdidas significativas en la producción, bien sea por falta o por exceso de agua (Betancour & Dávila, 2002)
6. Cosecha: La cosecha en el cultivo del frijol es de vital importancia, ya que de esta depende en gran parte la calidad final del producto. Esta labor se debe hacer en un punto óptimo de

recolección, el cual se da de acuerdo al contenido de humedad del grano que debe ser de aproximadamente el 20% de su peso total, o cuando el 75% de las vainas están secas, ya que así se facilita la realización de las labores de secado y de acondicionamiento del producto

La maduración generalmente se presenta de forma desigual en las plantas de frijol, por lo que es necesario cosechar manualmente aquellas vainas que van madurando primero y en diferentes etapas.

Adicionalmente, la cosecha debe programarse para las épocas secas, de forma tal que faciliten las labores de postcosecha (secado y beneficio) del producto.(Arias, Rengifo, & Jaramillo, 2007.p.17)

Para los programas de mejoramiento es económico y muy aconsejable, evaluar variedades y líneas avanzadas provenientes de otros programas, puesto podría ser posible encontrar en este material, la base para aislar genotipos superiores mediante la selección, masales o individuales, también pueden beneficiarse los programas con las instrucciones utilizándolas como reservorio de genoplasmas para trabajos de hibridación.

Las fuentes más comunes para las líneas de avanzadas, para los programas de mejoramiento son los bancos de germoplasma, los viveros nacionales e internacionales, las líneas obtenidas por hibridación y los materiales criollos

Los pasos más importantes en la evaluación agronómica de las líneas avanzadas de frijol arbustivo con grano grande en mediciones de clima medio y frío moderado de la región andina se basa en:

1. Identificación de la fuente de Germoplasma: Un fitomejorador debe identificar las fuentes de germoplasma existentes, y seleccionar e introducir los materiales que respondan a sus

objetivos de mejoramiento y que, en términos generales se ajusten a las condiciones de mercado y exigencias del agricultor.

2. Establecimiento de ensayos discriminatorios y selección: Una vez que se seleccionan los materiales a partir de las fuentes de germoplasma, se prueban a nivel local para hacer una selección y escoger los mejores, mediante estas pruebas se logran obtener líneas de avanzada
3. Incremento y registro de la nueva variedad.

5. Aspectos Metodológicos - materiales y métodos

5.1. Localización

5.1.1. Macrolocalización.

El Departamento de Risaralda (Colombia) está situado en el centro occidente de la región andina; localizado entre los 05°30'00'' y 04°41'36'' de latitud norte, y entre los 75°23'49'' y 76°18'27'' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 4.140 km² lo que representa el 0.36 % del territorio nacional. Limita por el Norte con los departamentos de Antioquia y Caldas, por el Este con Caldas y Tolima, por el Sur con los departamentos de Quindío y Valle y por el Oeste con el departamento de Chocó.

5.1.2. **Microlocalización.** La investigación se llevó a cabo en dos localidades. El primero en la finca “La Cachucha” ubicada en la Vereda La Bella del Municipio de Pereira, Risaralda, el cual corresponde a clima frio moderado, y según la clasificación Holdrigge pertenece a bosque muy húmedo premontano bajo (bm-PB), a una altura de 1800 m s.n.m., con temperatura promedio de 17 grados. La segunda localidad corresponde a un lote de la UNAD ubicada en el municipio de Dosquebradas, Risaralda, a una altura de 1465 m s.n.m. y una temperatura promedio de 22 grados correspondiente a clima medio y dentro de la clasificación Holdrigge pertenece a bosque húmedo premontano (bh-PM). (Holdrigge, 19)

El corregimiento de La Bella se caracteriza por ser la tercera zona productora de Cebolla larga en Colombia con mas de 260 hectareas, al igual es productora de muchos productos horticulas de la canasta familiar, abasteciendo los mercados de grandes centros poblados como loa ciudad de Pereira, Armenia, Manizales y Norte del Valle. El Departamento de Risaralda (Colombia) está situado en el centro occidente de la región andina; localizado entre

los 05°30'00'' y 04°41'36'' de latitud norte, y entre los 75°23'49'' y 76°18'27'' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 4.140 km² lo que representa el 0.36 % del territorio nacional. Limita por el Norte con los departamentos de Antioquia y Caldas, por el Este con Caldas y Tolima, por el Sur con los departamentos de Quindío y Valle y por el Oeste con el departamento de Chocó. (Polanco, M. 2018)

5.2. Material vegetal

En la primera evaluación se emplearon 10 líneas F₉ del cruzamiento recíproco entre la variedad de frijón Quimbaya por el cultivariedad Cargamanto, en la segunda evaluación se emplearon cuatro líneas seleccionadas de la generación F₁₀ se realizó la evaluación de rendimiento para las generaciones F₉ y F₁₀.



Figura 6. A) Lote UNAD

6B) Lote La Bella

Fuente: elaboración propia

5.3. Equipos.

Para la recolección de datos se utilizaron los siguientes equipos de medición:

- **Balanza Científica:** Para determinar el peso de los granos de frijol se usó una gramera o balanza electrónica de marca *Standard con cabina (BAS 32)*.

La balanza es un instrumento que sirve para medir la masa. Es utilizada principalmente para medir pequeñas masas. Este tipo de balanza es uno de los instrumentos de medida más usados en laboratorio y de la cual dependen básicamente todos los resultados analíticos.

1. Si se utiliza un recipiente de pesada (tara), colóquelo sobre el plato y espere a que la marca de estabilidad se ilumine.

2. Presione la tecla [O/T] el display nos indicará cero. (Esta operación es llamada “Tara”.)

3. Coloque el objeto que va a ser pesado sobre el plato.

4. Tome como dato el valor mostrado en el display cuando aparezca la marca de estabilidad. Verifique que la balanza esté estable antes de ejecutar la calibración. Para lograr una situación muy estable, asegúrese de que la balanza lleve conectada y el display indique gramo



Figura 7. Balanza científica electrónica.

Fuente: Elaboracion propia

Pie de rey o Calibre: Para la medición de la longitud y diámetro de los granos de frijol se empleo un pie de rey electrónico de marca Verniercon.

El pie de rey dispone de dos puntas para las mediciones interiores y exteriores. Además, el pie de rey dispone de una varilla para medir profundidades como por ejemplo perforaciones. El pie de rey tiene en la parte posterior una tabla en la que se pueden leer los diámetros de las perforaciones con relación a las roscas.



Figura 8. Calibrador electrónico

Fuente: Elaboración propia

Cinta métrica: Con la ayuda del metro se evaluó y midió el tamaño (altura) de las plantas en campo.

La cinta métrica que tiene marcada la longitud del metro y sus divisiones y sirve para medir distancias o longitudes.



Figura 9. Cinta Métrica
Fuente: Elaboración propia

5.4. Establecimiento del ensayo.

En evaluación de la generación F9 en la localidad de Dosquebradas, se establecieron 20 parcelas de 15 mts de largo por 1.53 mts de ancho con un total de 360 plantas por parcela, con una distancia de 15 cm entre planta y 70 cm entre surco .

La evaluación de la generación F9 en la localidad La Bella, se emplearon parcelas de 3 metro de ancho y 15 metros de largo con tres surcos separados entre sí 70 cm y 6 plantas por metro lineal. Para la generación F10 se ampliaron las parcelas a 6 metros de ancho y 8 surcos separados entre sí 70 cm y 6 plantas por metro lineal



Figura 10. Establecimiento del Ensayo

Fuente: Elaboración propia

5.4.1. Manejo del cultivo.

- El manejo fitosanitario que se le dio a los cultivos fue preventivo en el control de enfermedades, con aplicación de fungicidas como clorotalonil y benomil, en dosis de 40:20 g respectivamente por 20 L de agua. Para el manejo de insectos y plagas, se asperjo con el insecticida Tiametoxan, en dosis de 10 cm³ por 20 L de agua. El control de arvenses se ejecutó de manera manual.
- La fertilización básica proporcionada a las plantas fue de 100 kg/ha de (Difosfato de amonio) de la fórmula 18-46-0 (aplicado al fondo del surco antes de la siembra y una fertilización complementaria de 100 kg/ha de 15-4-23-4 (ABOTEK®) aplicada en bandas e incorporada mediante el aporque, a los 25 días después de siembra. Los niveles de fertilización de los ensayos corresponden a los recomendados para pequeños agricultores, y no necesariamente los recomendados según los análisis de suelos.

5.5. Diseño experimental.

Se empleó un diseño completamente al azar en ambas localidades y en cada una de las generaciones evaluadas donde las 10 líneas de los cruzamientos recíprocos entre la variedad ICA Quimbaya y el cultivariedad Cargaman. Para la generación F9 en la localidad de Dosquebradas se emplearon en parcelas de 15 metros de largo x 1,5 3 metros de ancho, con un total de 360 plantas sembradas a 15 cm por planta y 70 cm entre surcos, y para la generación F10 se utilizó parcelas de 3 m de ancho y 15 m de largo con un total de 720 plantas por línea, en las dos localidades.

En el segundo ciclo de evaluación se utilizaron 4 líneas F10, seleccionadas de la generación F9 de los cruces recíproco entre la variedad ICA Quimbaya y la cultivariedad Cargamanto en las dos localidades.

En la localidad de la Bella, para la generación F9 se emplearon parcelas de 3 metro de ancho y 15 metros de largo con tres surcos separados entre sí 70 cm y 6 plantas por metro lineal. Para la generación F10 se ampliaron las parcelas a 6 metros de ancho y 8 surcos separados entre sí 70 cm y 6 plantas por metro lineal.

Tabla 1. Primer ciclo F9 dos localidades UNAD y La Bella

Testigo	Linea 8	Linea 6	Linea 10	Linea 4	Linea 3	Linea 7	Linea 2	Linea 9	Linea 1	Linea 6
ICA Quimbaya	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición
ICA Quimbaya	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición

Nota: Información tomada por la elaboración propia del diseño experimental

Tabla 2. Segundo ciclo F10 dos localidades UNAD y Bella

Testigo	Linea 5	Linea 10	Linea 3	Linea 7
ICA Quimbaya	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición
ICA Quimbaya	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición

Nota: Información tomada por la elaboración propia del diseño experimental

5.5.1. Variables de respuesta

Se evaluaron los caracteres Altura de la planta (AP), número de vainas por planta (VPP), número de granos por vaina (GPV), diámetro grano (DG), Longitud grano (LG), y peso de 100

granos (PCG), peso total grano por planta (PTGP), forma de grano (FG), color de grano (CG), días a floración (DFL), días a maduración (DAM).

5.5.2. Análisis de información

Se realizó análisis descriptivo para cada uno de los caracteres cuantitativos; los cuales fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA), y nivel de significancia de ($p \leq 0,05$) de acuerdo con el diseño experimental utilizado; al encontrar diferencias significativas entre las variables evaluadas se realizó prueba de medias con DUNCAN, también se realizó un análisis de correlación con evaluador Person, para encontrar las relaciones más significativas entre las variables de respuesta evaluadas.

6. Resultados y discusión

Para la realización de las evaluaciones de los análisis de las varianzas de las variables morfoagronómicas presentes, se usaron las herramientas estadísticas ANOVA y el método de DUNCAN.

El método de ANOVA el cual consiste en el Análisis de la Varianza puede contemplarse como un caso especial de la modelización econométrica, donde el conjunto de variables explicativas son variables ficticias y la variable dependiente es de tipo continuo.

El método de Duncan o prueba de rango múltiple (MRT) de Duncan es un procedimiento de comparación múltiple desarrollado por David B. Duncan en 1955. La MRT de Duncan pertenece a la clase general de procedimientos de comparación múltiple que utilizan la estadística de rango estudiantil que r para comparar conjuntos de medias.

La MRT de Duncan es especialmente protectora contra el error falso negativo (Tipo II) a expensas de tener un mayor riesgo de cometer errores falsos positivos (Tipo I). La prueba de Duncan se usa comúnmente en agronomía y otras investigaciones agrícolas.

El resultado de la prueba es un conjunto de subconjuntos de medias, donde en cada subconjunto se ha encontrado que los medios no son significativamente diferentes entre sí.

6.1.Evaluación morfoagronómica de las líneas f9 del cruce recíproco entre frijol quimbaya por cargamanto en clima frío moderado (la bella).

En la tabla 3, se presentan los resultados del análisis de varianza de las variables morfoagronómicas utilizados para evaluar el comportamiento de las 10 líneas F9 del cruce recíproco entre frijol ICA Quimbaya por cargamanto en el corregimiento la Bella, sitio que corresponde al clima frío moderado, en el que se observan diferencias significativas ($P < 0.05$)

entre las líneas, para las variables Altura de la Planta (AP), Número de Vainas por Planta (NVP), Longitud de la Vaina (LV), Número de Granos por Vaina (NGV), Peso de Granos por Planta (PGP), Peso de Cien Semillas (PCS), Longitud del Grano (LG); Las variables Número de Ramas por planta (NRP), Número de Hojas por planta (NHP) no presentaron diferencia significativa, ($P > 0.05$).

Con respecto al coeficiente de variación se observa que los datos tienen una variación porcentual dentro de cada uno de las líneas relativamente bajo (30%), lo que nos indica que posiblemente la variación si se deba al tratamiento (línea) y no a un factor externo; a excepción de la variable Peso de Grano por Planta (PGP) cuyo coeficiente de variación es mayor al 30%.

Tabla 3. Varianza de variables morfoagronómicas de 10 líneas F₉ cruce frijol Quimbaya – Cargamanto - clima frío moderado

FV	GL	CM						
		NRP	NHP	AP	NVP	LV	NGV	PGP
Modelo	18	1.071	15.9622	103.73*	24.58*	3.582*	0.938*	126.783*
Error	81	0.977	10.151	7.1137	10.966	0.839	0.3438	44.5418
Promedio		5.340	13.38	31.31	14.45	12.34	4.75	21.88
CV %		18.51	23.81	8.51	22.91	7.42	12.34	30.49

FV	GL	CM	
		PCS	LG
Material	12	51.184*	2.5749*
Error	27	0,00	1.2936
Promedio		58,68	14.31
CV %		0	7.94

Nota: Significativo a 0.05% FV = Fuentes de variación; GL = Grados de Libertad; CV = coeficiente de variación; CM = cuadrado medio.

Fuente: elaboración propia

Al encontrar diferencias significativas entre las líneas F₉ evaluadas en el clima frío moderado, para cada una de las variables, se aplicó la prueba Duncan, puesto que el interés es

encontrar la mayor cantidad de diferencias posibles para utilizar una selección adecuada en las líneas de mejor rendimiento en las variables seleccionadas; los resultados se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados del análisis de medidas - prueba Duncan a 5% - F9 en clima frío moderado.

Línea	DESCRIPTOR*						
	NRP	NHP	AP	NVP	LV	NGV	PGP
Línea 1	5.1 AB	12.8 ABC	31.9 BC	13.6 BCD	11.6 CD	4.4 BC	16.13 D
Línea 2	5.9 A	15.4 A	38.7 A	16.2 AB	13.4 A	4.8 AB	21.8 BCD
Línea 3	5.8 A	12.6 ABC	37.1 A	10.9 D	12.3 BC	4.2 C	18.84 CD
Línea 4	5.3 AB	14.0 ABC	34.2 B	11.5 CD	12.5 BC	4.7 BC	20.2 BCD
Línea 5	6.0 A	12.6 ABC	28.9 DE	13.9 BCD	12.2 BC	4.2 C	25.5 ABC
Línea 6	5.0 AB	14.4 AB	31.2 CD	14.5 BC	12.7 AB	4.9 AB	23.7 ABC
Línea 7	5.1 AB	15.8 A	31.8 BC	14.9 AB	12.2 BC	5.3 A	26.72 AB
Línea 8	5.3 AB	11.9 BC	24.6 F	17.9 A	11.1 D	4.9 AB	29.91 A
Línea 9	4.7 B	11.1 C	27.9 E	15.2 AB	13.0 AB	4.8 AB	15.87 D
Línea 10	5.2 AB	13.2 ABC	26.8 EF	15.9 AB	12.4 BC	5.3 A	20.2 BCD

Línea	DESCRIPTOR*	
	PCS	LG
Línea 1	57.23 H	13.56 B
Línea 2	56.39 I	15.06 A
Línea 3	59.78 D	14.3 AB
Línea 4	58.02 G	14.25 AB
Línea 5	59.81 C	14.54 AB
Línea 6	63.82 A	14.04 AB
Línea 7	58.53 F	15.2 A
Línea 8	52.22 J	14.54 AB
Línea 9	62.38 B	13.59 B
Línea 10	58.67 E	14.05 B

Nota: Dentro de una misma columna, promedios con la misma letra no difieren estadísticamente

P>0.05)

Fuente: elaboración propia

En la tabla 4 se puede apreciar que para el caso de la variable Número de Ramas por Planta (NRP), se formaron tres grupos donde la mayor ramificación fue para las líneas 2, 3 y 5 con un

valor de 6.0 ramas. Esta puede ser una característica cualitativa controlada por pocos genes, aunque la planta tiende a acomodarse produciendo más o menos ramas, dependiendo de las distancias de siembra, lo que hace pensar que existe una influenciada del ambiente. (Vallejo & Estrada, 2002).

En el caso de la variable Número de Hojas por Planta (NHP) se formaron 4 grupos, siendo las líneas 2 y 7 la de mayor número de hojas con un promedio de 16 hojas y las líneas 8 y 9 las de menos número de hojas por planta con 11 hojas.

Para la variable Altura de la Planta (AP) se formaron 6 grupos, lo que indica que existe variación entre las líneas evaluadas, las que obtuvieron una mayor altura fueron las líneas 2 y 3, con promedio por encima de 37 cm. Esto es explicable por tener un parental de crecimiento indeterminado (cargamanto) y el otro de crecimiento definido (ICA Quimbaya), diferencias de altura que se han mantenido en la selección de las líneas, después de la segregación de las progenies. (Vallejo & Estrada, 2002)

Con respecto al Número de Vainas por Planta (NVP) se formaron 4 grupos, siendo las líneas 8 y 2 las de mayor número de vaina con un promedio de 18 y 16 vainas respectivamente indicándonos que son características heredables y manejadas por pocos genes y de gran relevancia a considerar en términos de producción.(Vallejo & Estrada, 2002)

En el caso de la variable Longitud de Vaina (LV) se formaron 4 grupos, siendo las líneas 2 y 9 las de mayor largo con un promedio de 13,4 y 13 cm respectivamente, carácter también de gran importancia para el productor, sobre todo cuando se considera la comercialización del frijol en vaina verde para los mercados en fresco.

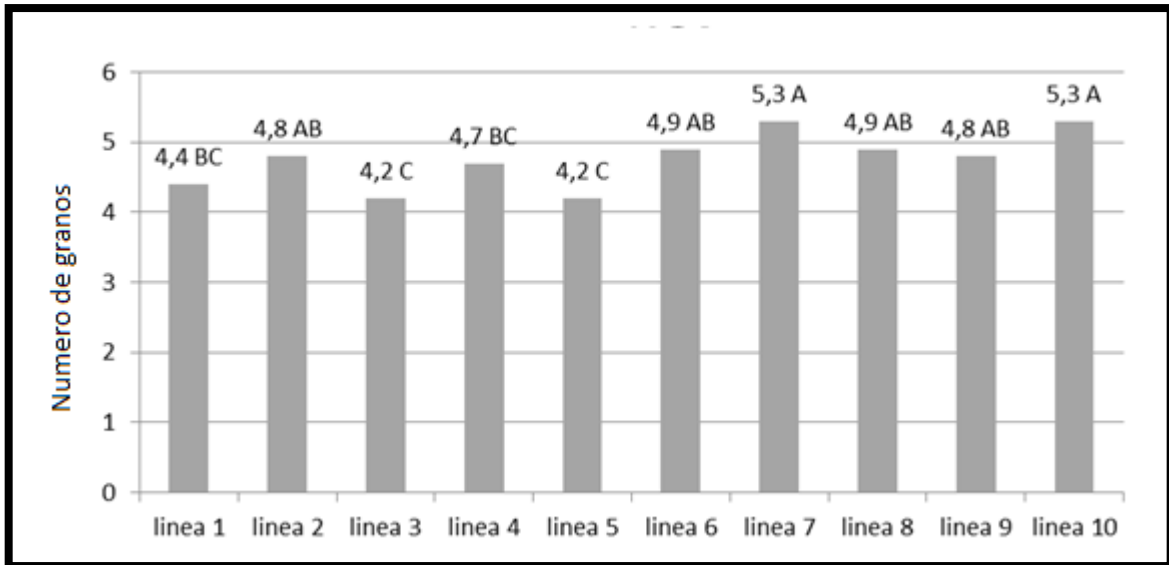


Figura 11. Número de granos por vaina de 10 líneas F9 - cruce Frijol Quimbaya - Cargamanto - clima frio moderado.

Fuente: Elaboración propia

Para el Número de Granos por Vaina (NGV) se formaron 4 grupos, (Ver Tabla 4) indicando que hay comportamientos similares, sin embargo los grupos formados presentan una variación considerable ya que sus valores numéricos están alejados entre sí, siendo las líneas 7 y 10 las que arrojan el mejor valor numérico en este parámetro, con una lectura para ambas de 5 a 3 granos por vaina (Ver Figura 13). Este es un factor que se encuentra establecido en genes de la planta y poco influenciado por el ambiente, y es relevante porque incide positivamente en los componentes del rendimiento.

Al analizar el Peso de Grano por Planta (PGP) se encontraron 4 grupos, siendo la línea 8 la de mayor peso con un promedio de 29,91 g es importante observar que la diferencia que existe entre las medias es bastante considerable, y al compararlo con la variable Numero de Granos por vaina (NGV), hace que esta línea sea atractiva en términos de peso del grano, el segundo

registro lo arrojó la línea 7 con un valor de 26.72 g, y el tercer puesto lo ocupó la línea 5 con 25.5 g. (Ver Figura N°14)

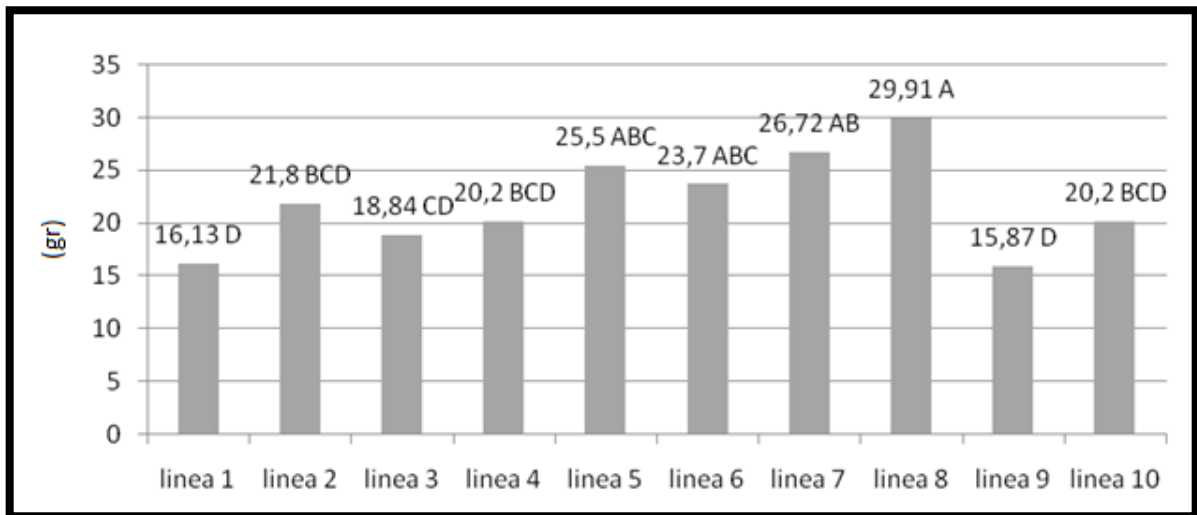


Figura 12. Peso de granos por planta líneas F9 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto - clima frío moderado.

Fuente: elaboración propia

Para la variable Peso de Cien Semillas (PCS), todas las líneas presentaron diferencias altamente significativas entre ellas, las líneas 6 y 9 las que presentaron mayor valor con 63 y 62 g respectivamente y la línea 8 la de menor lectura arrojando 52.22 g (ver figura 15). Al ser este un carácter cuantitativo controlado por muchos genes, puede haberse presentado efectos ambientales en su expresión. (Vallejo & Estrada, 2002)

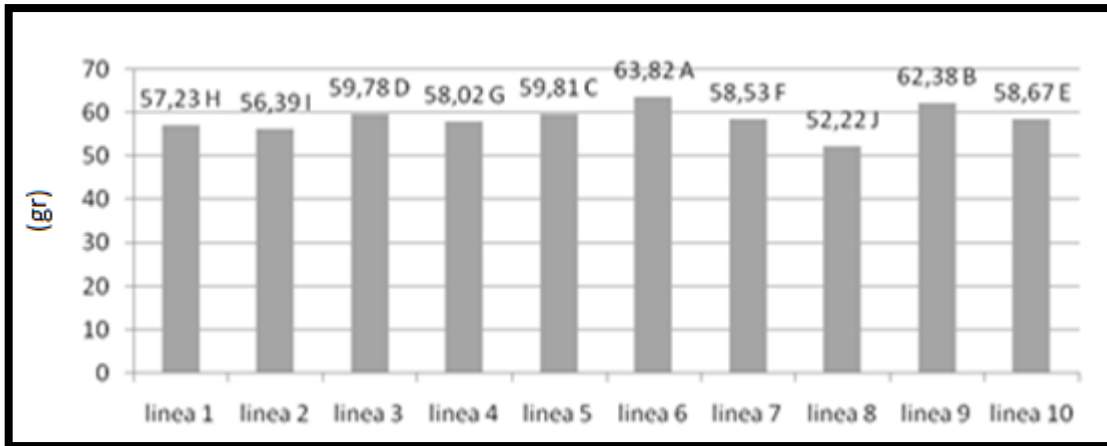


Figura 13. *Peso de Cien semillas Líneas F9 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto -clima frio moderado.*

Fuente: elaboración propia

Al evaluar el carácter la Longitud del Grano (LG), la prueba agrupo las líneas en tres grupos, lo que indica que es un carácter posiblemente de tipo oligogénico que ya está muy bien determinado desde las primeras segregaciones; la línea de mayor longitud fue la línea 7 con 15,2 mm.

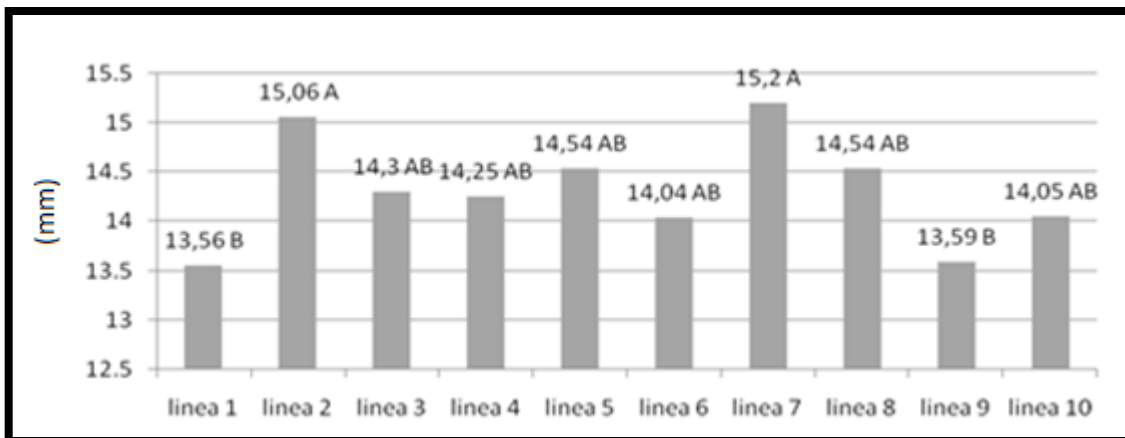


Figura 14. *Longitud del grano Líneas F9 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto - clima frio moderado*

Fuente: elaboración propia

6.2. Evaluación morfoagronómica de las líneas F9 del cruce recíproco entre frijol Quimbaya y Cargamanto en clima medio (Dosquebradas)

Se realizó un análisis de varianza para las variables morfoagronómicas, seleccionadas para diferenciar el comportamiento de las 10 líneas F9 de frijol, evaluadas en el Municipio de Dosquebradas Risaralda, que corresponde al clima medio, los resultados se presentan en la Tabla 5, observando que las líneas presentaron un comportamiento diferencial significativo ($P < 0.05$), para las variables Número de Ramas por Planta (NRP), Altura de la Planta (AP), Número de Vainas por Planta (NVP), longitud de la Vaina (LV), Numero de Granos por Vaina (NGV), Peso de Granos por Planta (PGP), Peso de Cien Semillas (PCS), Longitud de Grano (LG); la variable que no presentó diferencia significativa fue Numero de Hojas por Planta (NHP), ($P > 0.05$).

Tabla 5. Varianza variables morfoagronómicas 10 líneas F9 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto – clima medio

FV	GL	CM						
		NRP	NHP	AP	NVP	LV	NGV	PGP
Modelo	18	3.664*	11.223	25.893*	9.715*	2.401*	1.088*	18.612*
Error	81	0.956	7.9616	7.5797	5.026	1.3393	0.5728	9.45
Promedio		5.00	12.60	2.70	31.57	12.42	4.07	11.53
CV %		21.39	21.45	20.03	9.07	8.27	11.92	38.67

FV	GL	CM	
		PCS	LG
Material	18	51.242*	10.004*
Error	81	0,00	1.417
Promedio		42,11	13.66
CV %		0	6.81

Nota: Significativo a 0.05% FV = Fuentes de variación; Gl = Grados de Libertad; CV = coeficiente de variación; CM = cuadrado medio

Fuente: Elaboración propia

Al encontrarse diferencias significativas entre las líneas evaluadas, en la mayoría de las variables morfoagronómicas, se sometió la información al análisis con la prueba de Duncan, para establecer cuáles son las mejores líneas de interés y realizar la correspondiente selección. Los resultados del análisis se pueden observar en la (tabla N°6).

Tabla 6. Resultados del análisis de medidas -prueba Duncan a 5% de probabilidad - generación F9 - clima medio.

D	VARIEDA	DESCRIPTOR*						
		NRP	NHP	AP	NVP	LV	NGV	PGP
	Línea 1	5.8 AB	12.4 AB	29.7 C	10.9 B	11.7 AB	3.2 B	9.53 ABC
	Línea 2	6.0 A	10.8 B	26.5 D	9.7 B	11.8 AB	3.0 B	7.87 C
	Línea 3	5.5 ABC	14.2 A	34.0 A	13.9 A	10.9 B	3.2 B	8.85 BC
	Línea 4	4.9 BCD	11.2 B	29.0 CD	9.6 B	11.1 B	3.1 B	8.72 BC
	Línea 5	5.2	12.3 AB	30.2 BC	11.2 B	10.6 B	3.6 AB	7.78 C
	Línea 6	ABCD	10.4 B	28.1 CD	10.5 B	11.7 AB	3.7 AB	11.03 AB
	Línea 7	4.6 CDE	10.5 B	30.1 BC	10.8 B	10.8 B	4.1 A	7.31 C
	Línea 8	4.3 DE	10.5 B	28.1 CD	10.6 B	10.7 B	3.0 B	12.41 A
		3.8 E						
	Línea 9	4.8 CD	10.6 B	30.4 BC	10.6 B	11.1 B	3.6 AB	11.43 AB
	Línea 10	4.8 CD	11.8 AB	32.5 AB	10.8 B	12.3 A	3.5 AB	8.96 BC

VARIEDAD	DESCRIPTOR*	
	PCS	LG
Línea 1	57.23 H	14.0 CD
Línea 2	56.39 I	13.5 DE
Línea 3	59.78 D	14.4 BCD
Línea 4	58.02 G	14.6 BCD
Línea 5	59.81 C	13.9 CD
Línea 6	63.83 A	15.0 BC
Línea 7	58.53 F	17.9 A
Línea 8	52.22 J	14.3 BCD
Línea 9	62.38 B	12.6 E
Línea 10	58.67 E	15.2 B

Nota: Dentro de una misma columna, promedios con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$)

Fuente elaboración propia

En la tabla 6 se puede apreciar que para el caso del de la variable Número de Ramas por Planta (NRP), se formaron ocho grupos, lo que significa que esta variable, para la ubicación clima medio, es una característica que tiene una alta variación de las líneas evaluadas. Siendo La línea 2 la que más ramificó, tal como lo hizo en la localidad de la Bella

En el caso de la variable Número de Hojas por Planta (NHP) se formaron tres grupos siendo la línea 3, la que presentó el mayor valor con 14 hojas.

Para la variable Altura de la Planta (AP) se formaron seis grupos, las líneas que presentaron una mayor altura fueron las líneas 3 y 10, con promedio por encima de 32 cm y la que presento menor altura fue la línea 2 con una altura de 26.5 cm y pertenece al grupo D.

Con respecto al Número de Vainas por Planta (NVP) se formaron 2 grupos, siendo la línea 3 la de mayor número de vainas con un promedio de 13.9

Al analizar el carácter longitud de la Vaina (LV) se formaron 2 grupos, siendo las líneas 1, 2, 6 y 10 las de mayor longitud con 12 cm de largo

El carácter Número de Granos por Vaina (NGV) fue agrupado tres grupos, por el evaluador; la línea 7 fue la que presento mayor número de granos por vaina (cuatro granos). Ver figura 15

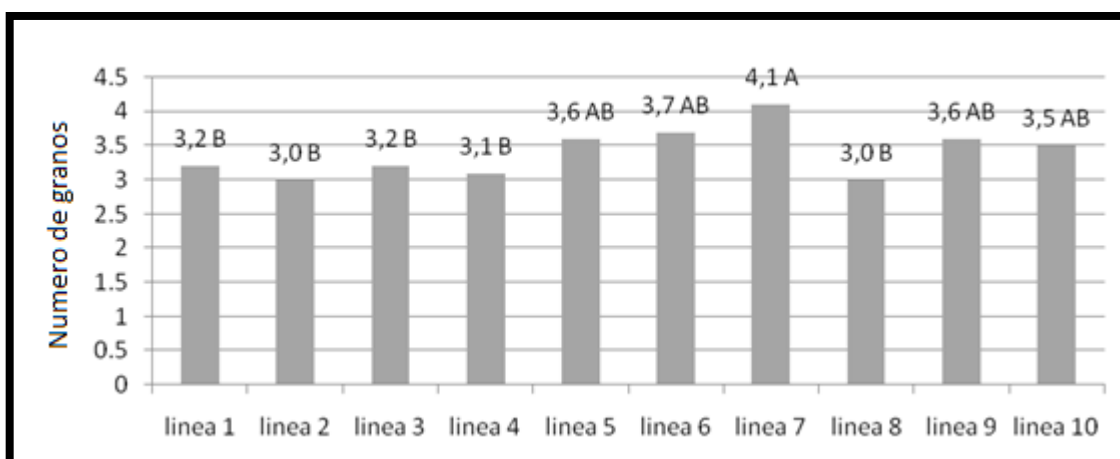


Figura 15. Número de granos por vaina de las líneas F9 - cruce Quimbaya - Cargamento - clima medio

Fuente: Elaboración propia

Al analizar el Peso de Granos por Planta (PGP) se encontraron 3 grupos, siendo la línea 8 la de mayor peso con un promedio de 12,41 g. El menor valor para esta variable lo entrega la línea 7 con un promedio de 7.31 g por planta. Ver figura 16

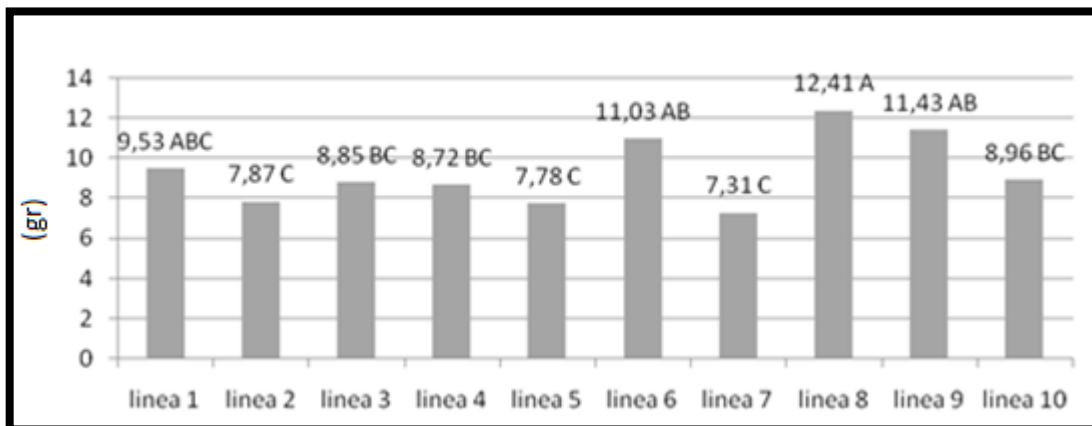


Figura 16. Peso de granos por planta líneas F9 - cruce Quimbaya - Cargamanto - clima medio

Fuente: Elaboración propia

Con la variable Peso de Cien Semillas (PCS) no se formaron agrupaciones, lo que significa que existe diferencia altamente significativa entre las líneas; las de mayor media son las líneas 6 y 9 con 63 y 62 respectivamente, y el rango va desde 63.83 g (línea 6) hasta 52.22 g para la (línea 8)

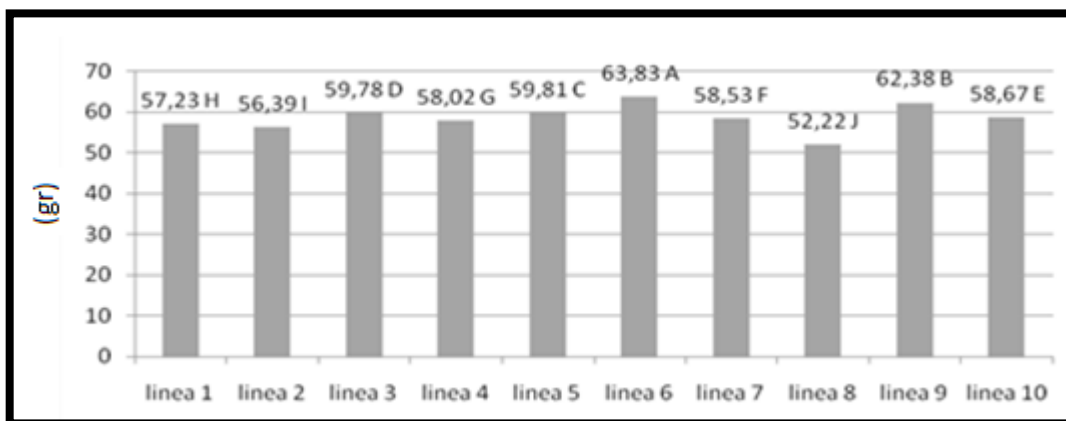


Figura 17. Peso de cien semillas líneas F9 - cruce recíproco Quimbaya - Cargamanto - clima medio

Fuente: elaboración propia

Para el carácter longitud del Grano (LG) se formaron 5 grupos, siendo la línea 7 con granos de mayor longitud (17,9 mm).

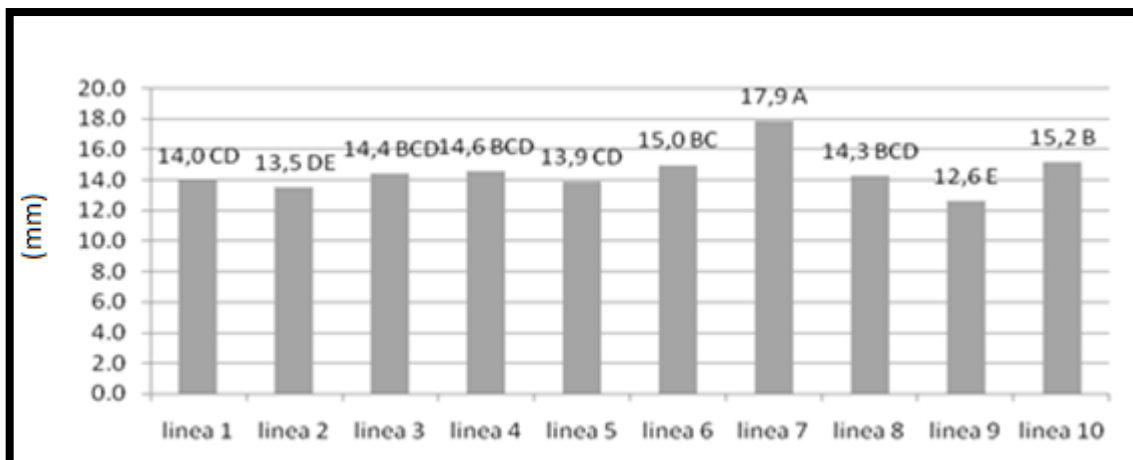


Figura 18. Longitud del grano líneas F9 - cruce Quimbaya - cargamanto - clima medio

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de medias evidencian que las plantas de las líneas F9 del cruce recíproco entre la variedad de frijol ICA Quimbaya por Cargamanto, presentaron un mejor comportamiento en las características evaluadas, en la localidad de la bella en comparación con la localidad Dosquebradas, esto obedece a que los características deseadas son aportadas por la cultivariedad (cargamanto) adaptada al clima frío moderado.

6.3.Evaluación del efecto de la interacción de las líneas f9 del cruce recíproco entre frijol Quimbaya por Cargamanto en dos climas diferentes.

En la tabla 7, se presentan los resultados del análisis de varianza de las variables morfoagronómicas utilizados para evaluar el comportamiento de las 10 líneas F9 del cruce

reciproco entre frijol ICA Quimbaya por Cargamanto en el corregimiento de La Bella y el Municipio de Dosquebradas, sitios que corresponde a los climas frio moderado y al clima medio respectivamente, en el que se observan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las líneas, para todas las variables, lo que indica que cada línea presenta características diferentes relacionadas al cruce entre ellas, recombinación de genes y características ambientales. (Vallejo & Estrada, 2002)

Tabla 7. Varianza de la interacción 10 líneas F9 - programa de mejoramiento del frijol de la UNAD - dos climas diferentes

FV	GL	CM						
		NRP	NHP	AP	NVP	LV	NGV	PGP
Modelo	37		18.155*	65.902*	34.102*	4.458*	3.449*	281.642*
		2.474*						
Error	162	0.967	9.056	7.3467	7.996	1.089	0.458	26.995
Promedio		5.155	12.425	30.585	12.655	11.805	4.075	15.63555
CV %		21.39	21.45	20.03	9.07	8.27	11.92	38.67

FV	GL	CM	
		PCS	LG
Material	37	49.829*	6.189*
Error	162	0,00	1.355
Promedio		58.6855	14.4265
CV %		Datos	***

Nota: *Significativo a 0.05% FV = Fuentes de variación; Gl = Grados de Libertad; CV = coeficiente de variación; CM = cuadrado medio

Fuente elaboración propia

Con esta tabla se puede evidenciar que el factor clima influye en la gran mayoría de características evaluadas, obteniendo un mejor comportamiento de las líneas avanzadas evaluadas en el clima Frio Moderado que en el clima medio; La única característica que la prueba consideró que no existía diferencia significativa fue en el Longitud del Grano (LG), esto

quiere decir que el clima es indiferente ante esta variable (Variación discontinua), la variable Peso de Cien Semillas (PCS), mostro mejores resultados en la localidad de La Bella dándonos a entender que la planta tiene mejor adaptación al clima frio moderado ya que su parental dominante es el cargamanto adaptado a estos ambientes.

Tabla 8. Resultados del análisis de medidas - prueba Duncan a 5% de probabilidad - generación F9 - dos climas diferentes.

D	VARIEDA	DESCRIPTOR*						
		NRP	NHP	AP	NVP	LV	NGV	PGP
	Clima Frio Moderado	5.34 A	13.38 A	31.31 A	14.45 A	12.34 A	4.75 A	21.88 A
	Clima Medio	4.97 B	11.47 B	29.86 B	10.86 B	11.27 B	3.40 B	9.38 B

VARIEDAD	DESCRIPTOR*	
	PCS	LG
Clima Frio Moderado	58.69 B	14.54 A
Clima Medio	58.69 A	14.31 A

Nota: *Significativo a 0.05% FV = Fuentes de variación; Gl = Grados de Libertad; CV = coeficiente de variación; CM = cuadrado medio

Fuente elaboración propia

6.4. Análisis de correlación entre las variables respuesta para la generación f9. Del cruce recíproco entre frijol Quimbaya por Cargamanto en dos climas diferentes.

El análisis de correlación de Pearson, tabla N°9, mostro que existen varias correlaciones positivas, altamente significativa entre el Número de Ramas por planta (NRP) y los caracteres: Número de Hojas por planta (NHP) ($r = 0,978$), El número de Vainas por Planta (NVP) ($r =$

0,812), Longitud de la Vaina (LV) ($r = 766$), El Número de Granos por Vaina (NGV) ($r = 0,941$) y La Longitud del Grano (LG) ($r = 0,925$).

Se presentó también una correlación negativa significativa entre el Número de Hojas por Planta (NHP), con el Número de Vainas por Planta (NVP) ($r = -0,660$), esto significa que a mayor número de hojas por planta, se presenta un menor número de vainas por planta.

Al correlacionar el Número de Vainas Planta (NVP), con la Longitud de la Vaina (LV), esta fue altamente significativa ($r = -0,901$), lo que significa que a mayor número de vainas por planta, también se obtiene una mayor longitud de las vainas en la planta.

Se encontró también una correlación positiva altamente significativa, entre el largo de las vainas, con el longitud de los granos, lo que significa que a mayor longitud de las vainas, se tendrá también una mayor longitud de los granos.

En las siguientes imágenes se puede apreciar el tamaño, forma y color de los granos en las diferentes líneas evaluadas de la generación F9:



Figura 19. Granos generación F9 de L1 hasta L4

Fuente: Elaboracion propia



Figura 20. Granos generaci3n F9 de L5 hasta L8

Fuente: Elaboracion propia



Figura 21. Granos generaci3n F9 de L9 y L10

Fuente: Elaboraci3n propia

A continuaci3n se muestra el an3lisis de correlaci3n de Pearson que se realiz3 a las variables que hicieron parte de la evaluaci3n en la generaci3n del F9 del cruce reciproco entre frijol Quimbaya y Frijol Cargamanto.

Tabla 9. Análisis de Correlación de Pearson - generación F9 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto.

	NRP	NHP	AP	NVP	LV	NGV	PGP	LG
NRP	1	-,003	,209*	,024	,030	,008	,208*	,009
		,978	,037	,812	,766	,941	,037	,925
NHP	-,003	1	,153	-,045	,131	,079	,144	,105
	,978		,130	,660	,195	,437	,153	,301
AP	,209*	,153	1	-,236*	,185	-,170	-,160	,061
	,037	,130		,018	,065	,091	,111	,548
NVP	,024	-,045	-,236*	1	-,013	,296*	,152	,078
	,812	,660	,018		,901	,003	,132	,440
LV	,030	,131	,185	-,013	1	,071	-,067	,021
	,766	,195	,065	,901		,480	,509	,836
NGV	,008	,079	-,170	,296*	,071	1	,172	,049
	,941	,437	,091	,003	,480		,087	,629
PGP	,208*	,144	-,160	,152	-,067	,172	1	,2
								51*
	,037	,153	,111	,132	,509	,087		,012
LG	,009	,105	,061	,078	,021	,049	,251*	1
	,925	,301	,548	,440	,836	,629	,012	

Nota. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente. Elaboración propia

6.5. Selección de líneas F10 por Caracteres Deseados.

Se seleccionaron las líneas, L3, L5, L7, y L10 de las 10 líneas de la generación F9 evaluadas, las cuales presentaron en su conjunto las características más importantes y de interés para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos del programa de mejoramiento y en especial, la altura de la planta, vigor, rendimiento, tamaño, forma y color del grado, las cuales fueron promovidas a la siguiente generación.

6.6. Evaluación morfoagronómica de las líneas F10 del cruce recíproco entre frijol Quimbaya y Cargamanto en clima frío moderado (la bella)

En la tabla 10, se presentan los resultados del análisis de varianza de las variables morfoagronómicas utilizadas para evaluar el comportamiento de las 4 líneas F10 del cruce recíproco entre frijol variedad ICA Quimbaya con el cultivar Cargamanto en el corregimiento de la Bella, sitio que corresponde al clima frío moderado, en el que se observan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las líneas, para las variables Peso de Granos por Planta (PGP) y Peso de Cien Semillas (PCS). El resto de las variables no presentaron diferencia significativa, ($P > 0.05$), esto puede ser explicado, si se considera que el proceso de selección de dichas líneas se orientó en lograr la mayor uniformidad y cercanía en los valores de las variables agronómicas y en características de producción deseadas.

Tabla 10. Varianza variables morfoagronómicas de 4 líneas F10 - programa de mejoramiento de frijol de la UNAD - clima frío moderado

FV	GL	CM						
		NRP	NHP	AP	NVP	LV	NGV	PGP
Modelo	12	0.716	5.475	0.2833	3.825	0.9833	0.3166	49.2084*
Error	27	1.1027	17.211	0.3148	9.704	0.6287	0.5222	20.7682
Promedio		5.125	16.20	3.05	38.55	13.07	4.05	12.94
CV %		20.49	25.61	18.40	8.08	6.06	17.84	35.21

Continuación

FV	GL	CM	
		PCS	LG
Material	12	60.1262*	1.5102
Error	27	0,00	1.5552
Promedio		56,61	14.32
CV %		0	8.71

Nota: *Significativo a 0.05% FV = Fuentes de variación; GL = Grados de Libertad; CV = coeficiente de variación; CM = cuadrado medio

Fuente. Elaboración propia

Con respecto al coeficiente de variación se observa que los datos tienen una variación porcentual dentro de cada uno de las líneas bajo (26%), lo que nos indica que posiblemente la variación si se deba al tratamiento (línea) y no a un factor externo; a excepción de la variable Peso de Grano por Planta (PGP) cuyo coeficiente de variación es mayor al 35%.

Al encontrar diferencias significativas entre las líneas F10 de frijol evaluadas en el clima frío moderado, para cuatro de las variables se aplicó la prueba Duncan, puesto que el interés es encontrar la líneas con mejor comportamiento en los climas evaluados, para hacer una selección adecuada de las líneas de mejor rendimiento en las variables seleccionadas; los resultados se presentan en la tabla 11.

Tabla 11. Resultados del análisis de medias - prueba Duncan a 5% de probabilidad - generación F10 - clima frío moderado

D	VARIEDA	DESCRIPTOR*						
		NRP	NHP	AP	NVP	LV	NGV	PGP
	Línea 3	5.0 A	16.8 A	3.1 A	38.2 A	13.0 AB	4.1 A	9.13 B
	Línea 5	5.4 A	15.5 A	3.0 A	37.6 A	13.5 A	4.1 A	12.62 AB
	Línea 7	4.9 A	15.0 A	3.2 A	39.5 A	12.7 B	4.2 A	15.97 A
	Línea 10	5.2 A	17.5 A	2.9 A	38.9 A	13.1 AB	3.8 A	14.05 A
	VARIEDAD	DESCRIPTOR*						
		PCS			LG			
	Línea 3	58.63 B			14.73 A			
	Línea 5	62.27 A			14.86 A			
	Línea 7	50.95 D			13.40 B			
	Línea 10	54.61 C			14.29 AB			

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 11 se puede apreciar que no se formaron grupos diferentes para las variables Número de ramas planta (NRP), Numero de hojas por planta (NHP), Altura de la planta (AP), Numero de granos por planta (NVP), Numero de granos por vaina (NGV), lo que significa que para estas variables no existe una diferencia significativa. Esto puede ser explicado por el hecho

de ser caracteres, manejados por pocos genes, poco influenciados por el ambiente, y al ser todas líneas provenientes de los mismos parentales, son características altamente heredables y ya establecidas genéticamente. (Vallejo & Estrada, 2002)

En el caso de la variable Longitud de Vaina (LV) se formaron tres grupos, siendo las líneas 5 y 3 las de mayor promedio de longitud de vaina con 14.86 cm y 14.73 cm respectivamente siendo la línea 7 la que presento el menor valor con 13.4 cm.

Al analizar el Peso de Grano por Planta (PGP) se encontraron tres grupos, siendo las líneas 7 y 10 las de mayor peso con un promedio de 15,97 g y 14,05 g, por planta respectivamente; (Ver Figura N° 21), es importante observar que la diferencia que existe entre las medias es bastante considerable, lo que sugiere analizarla con detalle ya que podría ser la variable que influya en la decisión en cuanto se refiere al rendimiento por líneas.

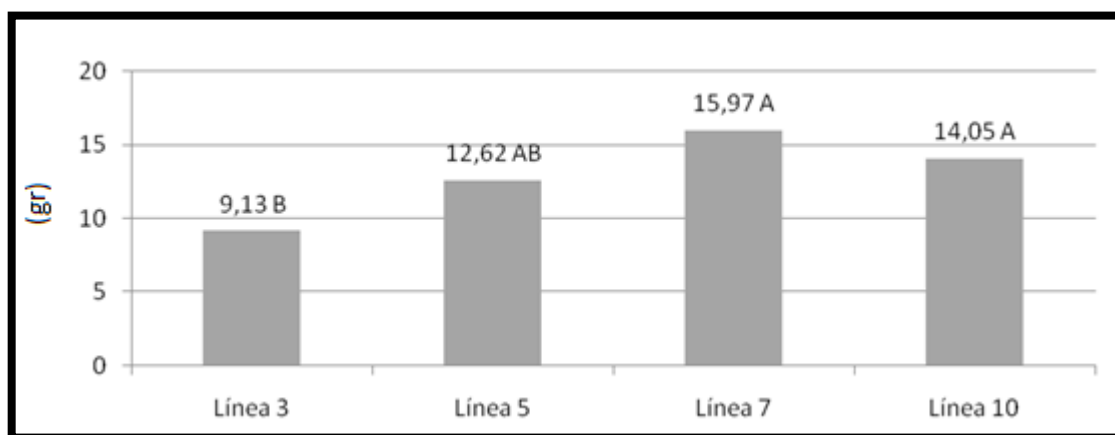


Figura 22. Peso de granos por planta de 4 líneas F10 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto.

Fuente: Elaboración propia.

Con la variable Peso de Cien Semillas (PCS) se formaron cuatro grupos, lo que significa que existe diferencia altamente significativa entre las líneas; las de mayor media son las líneas 3 y 5 con 58.63 g y 62.27 g respectivamente siendo la línea 7 la de menor peso con 50.95 g (Ver Figura N° 22). Esto puede ser explicable porque este carácter cuantitativo es manejado por

varios genes, los cuales son altamente influenciados por factores ambientales. (Gomez & Polanco, 2011)

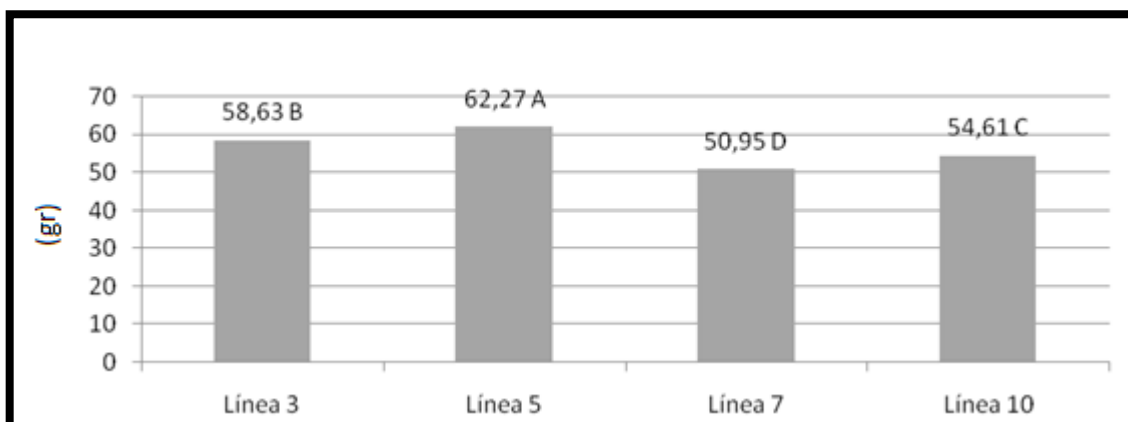


Figura 23. *Peso de cien semillas de 4 líneas F10 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto*

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la Longitud del Grano (LG) se formaron tres grupos. La línea de mayor longitud de los grano fue para la línea 5 con 14,86 mm seguida de la línea 3 con 14.73 mm.

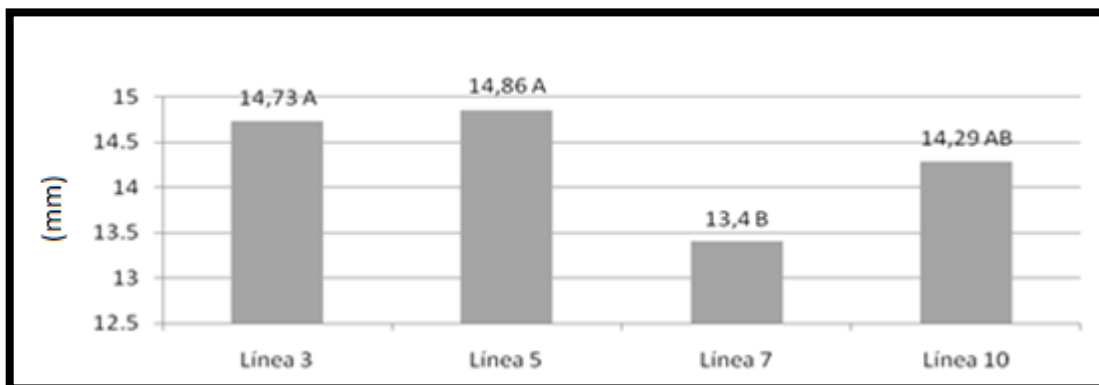


Figura 24. *Longitud del grano de 4 líneas F10 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto.*

Fuente: Elaboración propia

6.7.Evaluación morfoagronómica de las líneas f10 del cruce recíproco entre frijol Quimbaya y Cargamanto frijol en clima medio (Dosquebradas)

Se realizó un análisis de varianza para las variables morfoagronómicas, aplicadas para diferenciar el comportamiento de las 4 líneas F10 del cruce recíproco entre frijol ICA Quimbaya por Cargamanto, evaluadas en el Municipio de Dosquebradas Risaralda, que corresponde al clima medio, los resultados se presentan en la Tabla N°13, en la que se puede apreciar que las líneas presentaron un comportamiento diferencial significativo ($P < 0.05$), para la variable Peso de Cien Semillas (PCS); El resto de las variables no presentaron diferencia significativa, ($P > 0.05$)

Tabla 12. Varianza para las variables morfoagronómicas de 4 líneas F10 - cruce frijol Quimbaya – Cargamanto - clima medio

FV	GL	CM						
		NRP	NHP	AP	NVP	LV	NGV	PGP
Modelo	12	0.7583	9.7000	0.3750	8.3333	1.4333	0.367	6.2765
Error	27	1.1444	7.3037	0.2925	8.2138	1.0583	0.231	19.8791
Promedio		5.00	12.60	2.70	31.57	12.42	4.07	11.53
CV %		21.39	21.45	20.03	9.07	8.27	11.92	38.67

FV	GL	CM
		PCS
		LG
Material	12	26.836*
Error	27	0,00
Promedio		42,11
CV %		0

Nota: *Significativo a 0.05% FV = Fuentes de variación; Gl = Grados de Libertad; CV = coeficiente de variación; CM = cuadrado medio

Fuente. Elaboración propia

Al encontrarse diferencias significativas entre las diferentes líneas para una de las variables evaluadas, se realizó una prueba Duncan, para establecer cuáles son las mejores líneas en cuanto a las variables de interés y realizar una selección. Los resultados del análisis se pueden observar en la tabla 13.

Tabla 13. Resultados de la prueba Duncan a 5% de probabilidad - generación F10 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto - clima medio

VARIEDAD	DESCRIPTOR*						
	NRP	NHP	AP	NVP	LV	NGV	PGP
Línea 3	5.1 AB	14.3 A	3.2 A	32.4 A	12.5 A	4.0 A	11.06 A
Línea 5	5.6 A	13.4 AB	2.6 B	31.1 A	12.2 A	4.3 A	11.90 A
Línea 7	4.5 B	11.1 B	2.6 B	30.2 A	12.5 A	3.9 A	12.17 A
Línea 10	4.8 AB	11.6 B	2.4 B	32.6 A	12.5 A	4.1 A	11.03 A

VARIEDAD	DESCRIPTOR*	
	PCS	LG
Línea 3	43.74 B	14.40 A
Línea 5	44.97 A	13.82 A
Línea 7	37.49 D	13.57 AB
Línea 10	42.26 C	12.85 B

Nota: Dentro de una misma columna, promedios con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$)

Fuente. Elaboración propia

Se puede evidenciar en este resultado que no existe diferencia significativa para las variables evaluadas, Numero de vainas por planta (NVP), Longitud de la Vaina (LV), Número de Granos por Vaina (NGV), Peso de Granos por Planta (PGP). Las variables con diferencia significativa fueron: Numero de Ramas por planta (NRP), se identificaron solo tres grupos diferentes, donde se aprecia la Línea 5 como la de mayor valor de la media con respecto a las otras líneas con un valor promedio de 5.6 ramas por planta; es estadísticamente diferentes de la línea 7 la cual se encuentra en el grupo B. lo que significa que se presenta variación discontinua que es una

característica que se encuentra establecida en las líneas por proceder de los mismos parentales que son manejados por pocos genes y poco influenciados por el ambiente. (Gomez & Polanco, 2011)

En el caso de Numero de Hojas por planta (NHP), se presentaron tres grupos diferentes, donde se identifica la Línea 3 como la de mayor valor de la media con respecto a las otras líneas con un valor promedio de 14.3 hojas y siendo la línea 7 la que presento menor promedio con 11.1 hojas. Lo que significa que no existe una gran variación entre las diferentes líneas esto se puede explicar dado a que esta condición ya se encuentra determinada genéticamente. (Gomez & Polanco, 2011).

El análisis de la variable Peso de Cien Semillas (PCS), se identificaron 4 grupos diferentes, lo que significa que existe diferencia en cada una de las líneas con respecto a las otras, también se identifica las Líneas 3 y 5 como las de mayor valor de la media con respecto a las otras líneas con un valor promedio de 43,74g y 44,97g respectivamente. (Ver Figura 24)

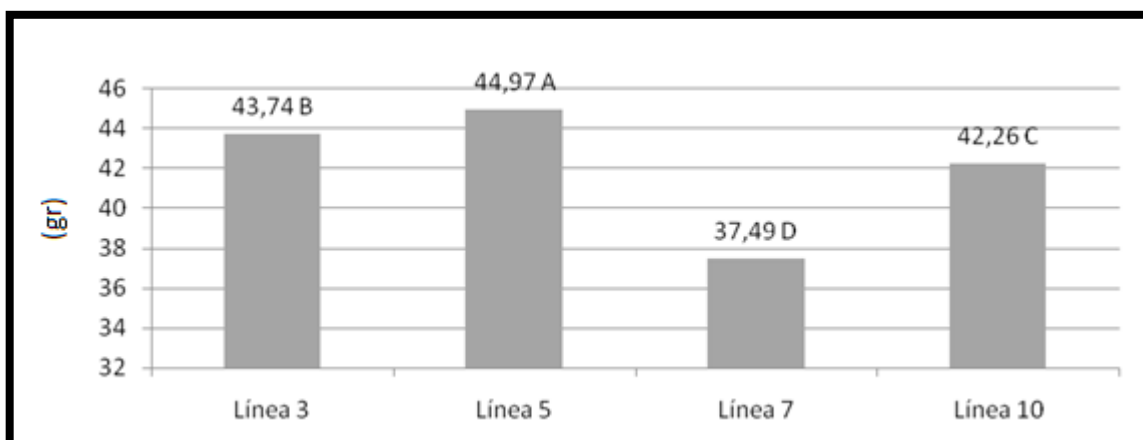


Figura 25. Peso de cien semillas de 4 líneas F10 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto - clima medio.

Fuente elaboración propia

Para la Longitud del Grano (LG), el evaluador agrupo los datos en tres grupos diferentes, donde se identifica la Línea 3 y 5 como las de mayor valor de la media con respecto a las otras líneas con un valor promedio de 14.40 mm y 13.82 mm respectivamente y siendo la línea 10 la que presento la medida más baja con un valor de 12.85 mm.

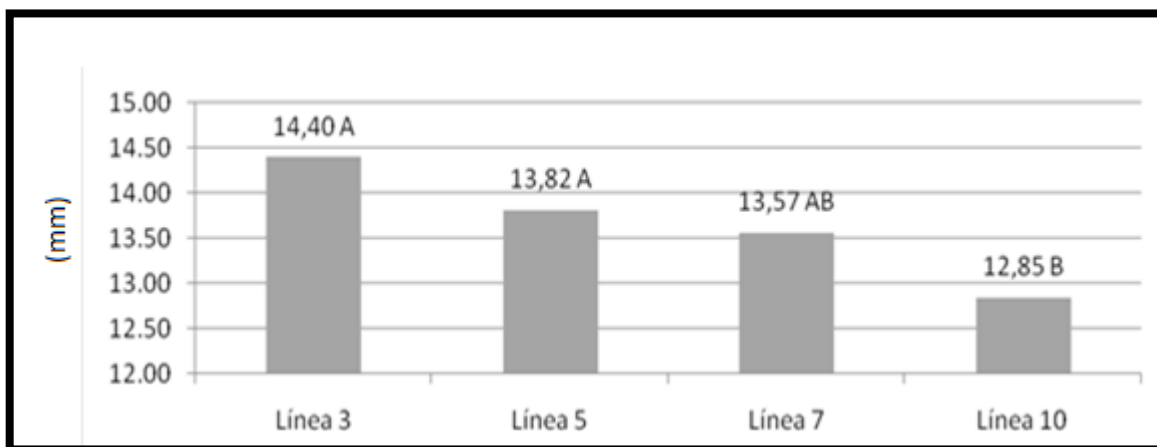


Figura N° 26. Longitud del grano de 4 líneas F10 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto - clima medio

Fuente elaboración propia

6.8. Evaluación del efecto de la interacción de las líneas f10 del cruce recíproco entre frijol Quimbaya por Cargamanto en dos climas diferentes.

Para evaluar si existía un comportamiento diferencial de las líneas F10 en los climas medio y frío moderado, se realizó un análisis de varianza entre los resultados obtenidos en los dos climas evaluados, en el que se observan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las líneas, para las variables Número de Vainas por Planta (NVP), Longitud de la Vaina (LV), Peso de Cien Semillas (PCS). Las demás variables no presentaron diferencia significativa. Los resultados se presentan en la tabla 14.

Tabla 14. Varianza de la interacción de las 4 líneas F10 - cruce frijol Quimbaya - Cargamanto climas diferentes

FV	GL	CM						
		NRP	NHP	AP	NVP	LV	NGV	PGP
Modelo	12	0.7205	17.6520	0.4140	44.757*	1.4980*	0.3285	28.2261
Error	27	1.1236	12.257	0.3004	8.9587	0.8435	0.3791	20.3237
Promedio		5.06	14.40	2.87	35.06	12.75	4.06	12.23
CV %		20.93	24.31	19.17	8.53	7.20	15.16	38.84

FV	GL	CM	
		PCS	LG
Material	12	209.942*	1.6420
Error	27	0,00	1.2106
Promedio		49.36	13.98
CV %		0	7.87

Nota:*Significativo a 0.05% FV = Fuentes de variación; Gl = Grados de Libertad; CV = coeficiente de variación; CM = cuadrado medio

Fuente. Elaboración propia

Al encontrar diferencias significativas en la interacción de las líneas de frijol y las localidades en las que se evaluaron, se realizó una prueba Duncan para establecer cuáles eran las líneas que se comportan mejor en ambos ambientes, es decir las que cuenta con una adaptación más general. Los resultados se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Resultados de la prueba Duncan a 5% de probabilidad - generación F10 - cruce frijol Quimbaya y Cargamanto - dos localidades

VARIEDAD	DESCRIPTOR*						
	NRP	NHP	AP	NVP	LV	NGV	PGP
Clima Frio Moderado	5.125 A	16.2 A	3.05 A	38.55 A	13.075	4.075 A	12.941
Clima Medio	5.000 A	12.6 B	2.7 B	31.575	12.425	4.05 A	11.53 A
				B	B		

VARIEDAD	DESCRIPTOR*	
	PCS	LG
Clima Frio Moderado	56.62 A	14.3195 A
Clima Medio	42.12 B	13.66 B

Fuente. Elaboración propia

Los datos de la tabla evidencian que el factor clima influye en la gran mayoría de características evaluadas, obteniendo un mejor rendimiento en el clima Frio Moderado; en todos menos en tres caracteres, y es posible observar esto haciendo comparación del valor de la media de cada una de las características. Las Variables que la prueba consideró que no existía diferencia significativa fue en el Número de Ramas por Planta (NRP), Número de Granos por Vaina (NGV), y Peso de Grano por Planta (PGP); esto quiere decir que el clima es indiferente ante estas variables puesto que no asoció agrupación diferente a estas características.

De los resultados obtenidos de peso de granos por planta se obtiene que los rendimientos por hectárea de las dos nuevas variedades oscilan entre 1,5 a 1.9 toneladas por hectárea.

En las siguientes imágenes se puede apreciar el tamaño, forma y color de los granos en las diferentes líneas evaluadas de la generación F10:



Figura 27. Muestras de grano F10

Fuente: Elaboración propia

6.9. Análisis de correlación entre las variables respuesta para la generación f10 del programa de mejoramiento genético de frijol de la UNAD.

Tabla 16. Análisis de correlación de Pearson entre variables evaluadas

	NRP	NHP	NHR	AP	LV	NGV	NGP	PGP	DG	LG
NRP	1	,088 ,436	,139 ,219	,019 ,868	-,195 ,083	,183 ,104	-,088 ,944	,073 ,520	,148 ,190	,079 ,484
NHP	,088 ,436	1	,163 ,149	,454** ,000	,069 ,541	,045 ,692	-,307** ,006	-,120 ,289	,222* ,048	,217 ,053
NHR	-139 ,219	,163 ,149	1	,283* ,011	,287** ,010	,131 ,247	-,122 ,281	,068 ,548	,358** ,001	,227* ,042
AP	,019 ,868	,454** ,000	,283* ,011	1	,291** ,009	,041 ,724	-,129 ,252	,148 ,189	,304** ,006	,120 ,287
LV	-195 ,083	,069 ,541	,287** ,010	,291* ,009	1	-,036 ,752	-,091 ,420	,018 ,874	,059 ,604	,154 ,173
NGV	,183 ,104	,069 ,541	,131 ,247	,041 ,721	-,036 ,752	1	,152 ,178	,155 ,171	-,085 ,455	-,115 ,310
NGP	-,008 ,944	-,307** ,006	-,122 ,281	-,129 ,252	-,091 ,420	,152 ,178	1	,854** ,000	-,039 ,730	-,078 ,491
PGP	,073 ,520	-,120 ,289	,068 ,548	,148 ,189	,018 ,874	,155 ,171	,854** ,000	1	,257* ,021	,154 ,171
DG	,148 ,190	,222* ,048	,358** ,001	,304** ,006	,059 ,604	-,085 ,455	-,039 ,730	,257* ,021	1	,535** ,0001
LG	,079 ,484	,217 ,053	,227* ,042	,120 ,287	,154 ,173	-,115 ,310	-,078 ,491	,154 ,171	,535** ,000	1

Nota: *Significativo a 0.05% FV = Fuentes de variación; Gl = Grados de Libertad; CV = coeficiente de variación; CM = cuadrado medio

Fuente: Elaboracion propia

Los datos obtenidos mediante esta matriz de correlación permiten concluir lo siguiente.

EL carácter Altura de la planta (AP) esta correlacionado positivamente con el Número de Hojas por planta (NHP), esta relación indica que a mayor altura de la planta se tendrá un mayor número de hojas.

El carácter Peso de Granos por Planta, esta correlacionado positivamente con el Numero de Granos Por Vaina, esta relación indica el peso de granos por planta aumenta en la medida que aumenta el número de granos por planta.

El Peso de granos planta (PGP), esta correlacionado positivamente con el Numero de granos por vaina (NGV), indicando que a mayor número de granos por vaina se obtiene un mayor peso de granos por planta.

El carácter Peso de granos planta (PGP), presenta una correlación positiva con el Diámetro del grano (DG), lo que indica que a mayor diámetro de los granos se obtiene un mayor peso de granos por planta.

6.10. Selección de líneas para la generación F11 por caracteres deseados

Se realizó un proceso de análisis de datos estadísticos donde se determinó que líneas 3 y 7 fueron las que mejores comportamientos presentaron, en cuanto vigorosidad, adaptación, rendimientos, siendo estas 2 líneas homogéneas en la medición de variables, además del apoyo de la bioestadística se tuvo en cuenta características vista en campo, reuniendo así las aptitudes y caracteres para que fueran seleccionadas.

7. Conclusiones.

- Se seleccionaron la línea 3 y la línea 7 del cruce recíproco entre el frijol variedad ICA Quimbaya por Cargamanto, por sus mejores características de altura de planta arbustiva, producción, tamaño, forma y color del grano,. La línea 3 corresponde a un grano de color rojo carmín intenso y la línea 7 a un grano de color rojo con moteado blanco semejante al frijol cargamanto, caracteres de gran importancia para los productores como para los consumidores.
- Se seleccionaron Dos líneas avanzadas de frijol del cruce recíproco entre la variedad Quimbaya por cargamanto, de tipo de crecimiento arbustivo, con gran adaptación al clima medio y al clima moderado frío, que presentan uniformidad, estabilidad y distinguibilidad, con un rendimiento por hectárea entre 1.5 a 1.8 toneladas, por lo que pueden ser presentadas ante el ICA para la solicitud de registro de nueva variedades.

8. Recomendaciones.

- Es importante discutir el uso de la semilla mejorada por parte del pequeño productor, ya que las metodologías actuales de producción y comercialización de semilla están considerando como clientes a un tipo de agricultor empresarial. Se recomienda aumentar la cantidad de semillas para realizar ensayos de rendimiento en las parcelas de los productores de las zonas de adaptación para las cuales están destinadas las dos nuevas variedades.
- Se recomienda empezar un programa de extensión y mercadeo entre los agricultores de la región para dar a conocer los beneficios y ventajas materiales seleccionadas.
- Presentar las líneas denominadas L3 y L7 para iniciar el proceso de registro y certificación como nuevas variedades de frijol arbustivo ante la entidad certificadora
- Para los programas de mejoramiento es económico y muy aconsejable, evaluar variedades y líneas avanzadas provenientes de otros programas, puesto que podría ser posible encontrar en este material, la base para aislar genotipos superiores mediante la selección, masales o individuales, también pueden beneficiarse los programas con las instrucciones utilizándolas como reservorio de genoplasmas para trabajos de hibridación.

Referencias

Arias, J. H., Rengifo, T., & Jaramillo, M. (2007). MANUAL TÉCNICO. *BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) EN LA PRODUCCIÓN DE FRÍJOL VOLUBLE*. Medellín, Colombia.

Betancour, M. J., & Dávila, J. E. (2002). *El Frijol (phaseolus vulgaris L.) : su cultivo, beneficio y variedades* . Federación Nacional de Cultivadores de Cereales.

Camara De Comercio De Bogotá. (2015). *Manual Frijol* . Bogotá.

CIAT, C. I. (2000). *Informe anual del CIAT*. Cali. Colombia.

Freytag, G. F., & Debouck, D. G. (2002). Taxonomy, distribution, and ecology of the genus phaseolus (Leguminosae-papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. .

Gepts, P. (1994). Análisis moleculares del proceso de domesticación en plantas.

Gepts, Paul. (1991). La biotecnología aclara el proceso de domesticacion del frijol.

Kwak, M., & Gepts, P. (2009). Structure of genetic diversity in the two major gene pools of common bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae). *Articulo de la Departamento de Ciencias de las Plantas / MS1, Sección de Ciencias de Cultivos y Ecosistemas Universidad de California Davis EE. UU.*

Ladizinsky, G. (1998). *Plant Evolution under Domestication*. Springer.

Ligarreto, G. a. (1997). Boletín informativo. *Variedades y mejoramiento de frijol* . Bogota .

Machado, J. E. (2002). Características físico mecanizadas y Análisis de calidad en granos.
Bogotá: Universidad.

McVaugh, R. (1987). Particularidades de la planta de frijol .

MinAgricultura. (2000). *Informe de gestión* .

Morales, F. J., & Castillo, N. (2009). Relaciones de Competencia entre el Fríjol Trepador
(*Phaseolus vulgaris* L.) y el Maíz (*Zea mays* L.) Sembrados en Asocio.

OSPINA, J. 2002. Características físico mecanizadas y Análisis de calidad en granos.

Publicaciones Universidad Nacional de Colombia. 115p.

Papa, R., Nanni, L., Sicard, D., Rau, D., & Attene, G. (2006). *Evolution of Genetic Diversity
in Phaseolus vulgaris L.* Columbia University Press.

Paredes, M., Becerra, V., Condón, F., German, S., & Barbieri, R. L. (2010). Utilización de
los recursos fitogenéticos. En: Estrategia en los recursos fitogenéticos para los países del Cono
Sur. Montevideo.

Posada, S. G., & Polanco, M. F. (2011). *Fitomejoramiento* . Dosquebradas : Universidad Nacional Abierta y a Distancia .

Rural, M. d., & Inter-nacional, C. C. (2009). *Encuesta nacional agropecuaria*.

Secretaría de Agricultura, G. D. (2007). programa sectorial de desarrollo agropecuario y pesquero 2007-2012.

sectorial, D. d. (2016). Panorama agroalimentario, frijol 2016.

Singh, S. P., & Voysest, O. (23 de Octubre de 1996). TALLER DE MEJORAMIENTO DE FRIJOL PARA EL SIGLO XXI. *Bases para una Estrategia para América Latina*. Cali, Colombia.

Solórzano, G. A., Blair, M. W., Hoyos, A., & Beebe, S. E. (2006). Evaluación agronómica de una retrocruza avanzada entre una accesión silvestre colombiana y la variedad cultivada de fríjol común, ICA Cerinza.

Tamayo, P. (1995). Manejo y control de las enfermedades del frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.).

Tamayo, P. J., & Londoño, M. E. (2001). Manejo integrado de las enfermedades y plagas del frijol. Manual decampo para su reconocimiento y control. Rionegro, Antioquia: Corpoica.

Valencia, M. (2013). Acumulación y Distribución de Fitomasa en el Asocio de Maíz (*Zea mays* L.) y Fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Vallejo, F. A., & Estrada, E. I. (2002). *Mejoramiento genético de plantas* . Palmira: Universidad Nacional De Colombia .

Villalobos, R. A., & Ugalde, W. G. (1987). La investigación en campos de agricultores sobre frijol tapado en Costa Rica.

Zizumbo, D., & Colunga, P. (2010). *ResearchGate*. Recuperado el 2017, de https://www.researchgate.net/publication/225361062_Origin_of_agriculture_and_plant_domestication_in_West_Mesoamerica

Zuluaga, M. E., & Sierra, M. P. (1994). Reconocimiento de los enemigos naturales de la chiza o mojoy (Coleoptera: Scarabaeoidea) en el Oriente antioqueño. *Revista Colombiana De Entomologia*.

Observaciones y correcciones.