

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

CARLOS JAVIER SANCHEZ MARIN

**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**

CARLOS JAVIER SANCHEZ MARIN

**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, octubre 2018

DEDICATORIA.

Esta investigación se la dedico principalmente a Dios por ser mi guía espiritual, por permitirme llegar hasta este punto de ver uno de mis sueños realizado. A mis padres que me han criado con valores lo cual me ha ayudado a llevar a cabo este proceso exitosamente.

A mis abuelos por estar siempre pendientes y orgullosos de cada paso que doy en mi vida profesional. A mis familiares y amigos por todo el apoyo que han brindado durante este proceso formativo.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresan sus agradecimientos a:

A Dios por estar presente en todos los momentos de mi vida, iluminándome el camino; con su protección y bendición me ayudo hacerle frente a todos los problemas durante mis estudios

A mis padres por infundir en mi la lucha y el deseo de superación; resaltando el apoyo en los momentos de duda, desesperación y felicidad.

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.

CONTENIDO

1. Introducción	12
2. Justificación	13
5.1. Planteamiento del problema.....	15
5.2. Hipótesis de Investigación	16
3. Objetivos	17
3.1. Objetivo general.....	17
3.2. Objetivos específicos	17
4. Marco Referencial	18
4.1. Generalidades del cultivo.....	18
4.2. Clasificación Taxonómica	19
4.3. Descripción Botánica.....	19
4.4. Clasificación general del frijol.....	20
4.5. Morfología	22
4.6. Factores que afectan el cultivo.....	23
4.7. Variedades de frijol.....	25
4.8. Selección de la variedad	27
4.9. Plagas y Enfermedades	28
5. Aspectos Metodológicos - materiales y métodos	36
5.1. Localización.....	36

5.1.1.	Macrolocalización.....	36
5.1.2.	Microlocalización.....	36
5.2.	Material vegetal.....	37
5.3.	Equipos.....	38
5.4.	Establecimiento del ensayo.....	38
5.4.1.	Prueba de germinacion.....	38
5.4.2.	Manejo del cultivo.....	40
5.5.	Diseño experimental.....	41
5.5.1.	Variables de respuesta.....	41
5.5.2.	Análisis de información.....	41
6.	Resultados y discusión.....	42
6.1.	Evaluación morfoagronómica de la línea F11 del cruce recíproco entre frijol Quimbaya por cargamanto en clima frío moderado (la bella).....	42
6.2.	Análisis de correlación entre las variables respuesta para la generación f9. Del cruce recíproco entre frijol Quimbaya por Cargamanto en dos climas diferentes Por favor preguntar al tutor acerca de este análisis.....	50
6.3.	Selección de líneas F11 por Caracteres Deseados.....	51
7.	Conclusiones.....	52
8.	Recomendaciones.....	53

LISTADO DE FIGURAS

Tabla 1. <i>Etapas de desarrollo en un cultivo de frijol común</i>	22
Tabla 2. <i>Etapas de desarrollo en un cultivo de frijol común.</i>	23
Tabla 3. <i>Varianza de variables morfoagronómicas de 2 líneas F11 cruce frijol Quimbaya – Cargamanto - clima frio moderado.</i>	46
Tabla 4. <i>Resultados del análisis de medidas - prueba Tukey a 5% - F11 en clima frio moderado.</i>	47
Tabla 5. <i>Análisis de Longitud de Vainas por localidad -de los materiales evaluados.</i>	44
Tabla 6. <i>Análisis de No. Granos/ vaina de los materiales en cada una de las localidades</i>	45
Tabla 7. <i>Análisis de peso de cien semillas por localidad- cruce Frijol Quimbaya - Cargamanto.</i>	46
Tabla 8. <i>Análisis matriz de correlaciones</i>	51

Lista de Figuras

Figura 1. Tipos de frijol común.....	27
Figura 2. Siembra de dos líneas avanzadas de frijol y testigo en las dos localidades; A) Lote UNAD; B) Lote La Bella	38
<i>Figura 3. Establecimiento de la prueba de germinación de las semillas de frijol</i>	40
Figura 4. Granos de frijol de generación F11 de L3	49
Figura 5. Granos de frijol generación F11 de L3	50

RESUMEN

En la presente investigación se evalúa el comportamiento agronómico de dos líneas de la generación F₁₁ del cruce recíproco entre el frijol ICA Quimbaya y el Frijol Cargamanto en dos condiciones climáticas diferentes, utilizando como testigo al frijol ICA Quimbaya. La primera localidad corresponde a un lote de la UNAD ubicado en el municipio de Dosquebradas a una altura de 1465 m.s.n.m. y representa al clima medio; la segunda localidad se ubica en el corregimiento de la Bella del municipio de Pereira a 1800 msnm, y corresponde al clima frío moderado, Se tomaron datos de vigor y altura de la planta, días a floración y a madures de fruto, numero de vainas, granos por vaina, peso de cien semillas y producción. Estas dos líneas, mostraron resultados agronómicos superiores a frijol variedad ICA Quimbaya en ambas localidades, lo que las convierte en dos cultivares de crecimiento arbustivo, granos grandes, de color rojo y rojo moteado, que pueden ser registradas ante ICA como dos nuevas variedades, que permitirán reducir el impacto negativo que ocasiona la siembra de frijoles volubles al medio ambiente en esta región, al no tener que extraer madera del bosque, para construir el soporte a la planta, y al reducir el uso de plaguicidas al tener mayor resistencia a problemas fitosanitarios, mejorando la competitividad del cultivo y del sector en general.

Palabras clave: Adaptabilidad, Fitomejoramiento, Producción, Resistencia, Variedades

Abstract

Giving continuity to the second phase of the program of improvement of beans, that advances the National Open University and distance UNAD and its Research Centre of Agriculture and Biotechnology CIAB in the municipality of Dosquebradas in Risaralda, two were selected the F11 generation of reciprocal crosses made between the bean ICA Quimbaya and the cranberry beans, in order to continue with the selection process, to two new varieties, excellent adaptability to the mean climate and moderately cold, with adequate performance, a type of mottle or red large grain and (type I) bushy growth habit. Therefore the two selected lines will be evaluated in two locations, the first village in a batch of UNAD in the municipality of Dosquebradas, at an altitude of 1465 meters above sea level and the second town on a lot located in the corregimiento of la Bella in the municipality of Pereira to 1800 meters above sea level. Register data of vigor and plant height, days to flowering and you mature, number of pods, grains per pod, 100-seed weight. These two new varieties of shrubs, will reduce the negative impact that causes the planting of fickle environment-friendly beans, not having to extract wood to build the support to the plant, and reduce the use of pesticides have greater resistance to phytosanitary problems, improving the competitiveness of the crop and the sector in general.

Key words: Adaptability, plant protection, resistance,

1. INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) es un producto de gran reconocimiento debido a su importancia en la alimentación humana por su alto contenido de proteína y elementos minerales esenciales, además se caracteriza por ser uno de los cultivos de ciclo corto más predominante en la economía de muchas regiones del país.

De este modo, Ulloa & Ramírez (2011), afirma que dentro del grupo de las leguminosas que poseen semillas comestibles, "...el frijol común corresponde a una de las más importantes. Actualmente se encuentra distribuido en los cinco continentes y es un componente esencial de la dieta, especialmente en Centroamérica y Sudamérica." (Ulloa & Ramírez, 2011. P.5)

Dado lo anterior, este proyecto consiste en la evaluación del comportamiento morfo agronómico de dos líneas del programa de mejoramiento de frijol de la UNAD, que permita 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 de frijol propuesto por la UNAD; consiste básicamente en considerar el método de mejoramiento sistemático de los materiales por medio de la importación de material genético, el cual puede generar mayores beneficios que de la forma tradicional, creando una ganancia genética para el cultivo.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que para obtener un alto rendimiento, se deben cumplir ciertos parámetros de ciertos factores generales como el hábito de crecimiento, la madurez y la adaptación local, y además otros factores específicos como lo es la resistencia

a plagas y enfermedades, el tamaño de semilla y los diversos gustos de calidad y sabor, de las regiones donde se consume.

2. Justificación

Dado que el frijol es uno de los principales granos del mundo y de la economía nacional, es importante tener en cuenta que realizar investigaciones de este tipo, conciernen al mejoramiento continuo no solo de la economía, sino también de la salud y el bienestar de todos, pues como se es consciente; los métodos tradicionales generan alto impacto ambiental debido a las técnicas que aplican en el cultivo, tanto para la siembra como para el cuidado y la extracción.

Así mismo, según datos de Fenalce, (2015), se estima un consumo per cápita de 3.4 kg/habitante, y es un producto básico de la canasta familiar, por lo tanto está incluido en los programas de seguridad alimentaria, sin embargo, en la última década, la producción ha presentado una reducción con respecto a la creciente demanda, inclinando la balanza comercial a las importaciones por la compra miles de toneladas de frijol a otros países, para cubrir este déficit. (Fenalce, 2015)

De igual forma, este proyecto es relevante dado que pese a que existe una variedad arbustiva, de frijol mejorada, bien adaptada a las condiciones del clima medio cafetero, los agricultores tiene una baja adopción de esta; una de las causas puede obedecer, al tipo de grano rojo alargado que presenta, que no es de la preferencia de los consumidores de esta región. Para el caso de la zona fría moderada, los agricultores siembran frijol voluble como el cargamanto rojo o bola roja, variedades tradicionales, de gran aceptación por los consumidores y no variedades mejoradas tipo arbustivo, porque estas no responden bien a

las condiciones agroecológicas locales o desconocen la forma de abastecimiento de las semillas mejoradas.

Una de las alternativas para suplir estas limitantes arriba mencionadas, es la de 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, además de considerar las necesidades y preferencias de los consumidores.

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, realizaron cruzamientos recíprocos, entre el frijol variedad ICA Quimbaya de excelente adaptación a las condiciones agroecológicas de la eco-región cafetera y la variedad cargamanto de buen comportamiento en la zona fría, y por varios ciclos de selección y dos retro-cruzamientos, se cuentan con líneas avanzadas con gran potencial para ser distribuidos a los productores de frijol de la zona de clima medio y frío moderado, por ser de hábito de crecimiento arbustivo (Tipo I) y poseer granos grandes ovalados, de color rojo moteado y/o rojo intenso, muy similares a los biotipos cargamanto y al bolón rojo.

2.1. Planteamiento del problema

El frijol ha sido un alimento de alta tradición e importancia en América latina y en general en todo el mundo, pues este se cultiva en una gran cantidad de países. El frijol en Colombia es uno de los principales cultivos de la economía campesina, y según FENALCE (2016), en el país, para el primer semestre de 2015, la producción de fríjol ascendió a 62.974t, de la cual, el departamento de Boyacá participó con 1.189t, en un área de 820 ha y una producción promedio de 1,5t.ha-1 frijol seco (FENALCE, 2016).

Los productores de frijol de nuestro país, cuenta con una gran variedad de materiales de frijol mejorados, producto de muchos años de mejoramiento, que posicionan a Colombia como estandarte a nivel mundial en esta especie, pero estas variedades en su gran mayoría son de habito de crecimiento arbustivo y mejoradas para el clima cálido, y muy pocos materiales mejorados de habito de crecimiento voluble o enredadera, a pesar de que el 65% de la producción nacional de frijol proviene de variedades volubles, cultivadas en la región Andina a alturas entre los 1.800 a 2.400 msnm. por pequeños y/o medianos productores en sistemas productivos poco tecnificados en los que prevalece la siembra de variedades nativas o criollas por adaptarse mejor a ambientes fríos y condiciones específicas de producción, pero muchas de estas variedades poseen un bajo potencial de rendimiento y son susceptibles a diversas plagas y enfermedades.

Sumado a lo anterior, la producción de frijol voluble requiere aproximadamente 140 jornales por hectárea, el doble de los jornales empleados en un cultivo de frijol arbustivo, requiere también el empleo de un soporte para guiar y sostener a las plantas, el cual

generalmente es madera, alambre y fibra. El empleo de estos elementos, aumenta los costos de producción y ocasiona un gran impacto negativo al medio ambiente, sobre todo en las zonas altas donde nacen los yacimientos de agua.

Dado lo anterior, es una necesidad latente la presentación de propuestas cuyo objetivo sea la reducción y mitigación del impacto ambiental generado por estos cultivos, impulsados hacia el mejoramiento genético de variedades de frijol, acondicionadas 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 cumpla con las exigencias de los consumidores.

2.2. Hipótesis de Investigación

¿Es posible obtener dos nuevas variedades de frijol arbustivo para los cultivadores de la zona media y frío moderado de Colombia por medio del proceso de selección de líneas avanzadas del programa de mejoramiento de frijol planteado por la UNAD?

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento morfo-agronómico de dos líneas del programa de mejoramiento de frijol de la UNAD, que permita 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..

3.2. Objetivos específicos

- Seleccionar dos líneas avanzadas del programa de mejoramiento de frijol de la UNAD que conduzca a la obtención de dos nuevas variedades mejoradas de frijol, de hábito de crecimiento arbustivo con grano grande, una con grano rojo moteado y otra con grano rojo.
- Obtener dos nuevas variedades de frijol arbustivo adaptadas a zonas de clima medio y clima frío moderado y con adecuado rendimiento, para ser registradas ante el ICA

4. Marco Referencial

4.1. Generalidades del cultivo – Origen y Distribución

En el periodo de 3000 a 8000 años a. C. aparecieron las primeras sociedades humanas sedentarias capaces de producir sus alimentos y comenzaron a domesticar una gran variedad de plantas en diferentes regiones del mundo, entre ellas Mesoamérica y los Andes en el continente Americano (Smith, 2006; Zizumbo-Villarreal y Colunga-García Marín, 2010).

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. (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). 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). Es producido en 129 países alrededor del mundo es dentro de las leguminosas de grano, la especie más importante para el consumo humano; América latina es la zona de mayor producción y consumo se estima que más del 45% de la producción mundial proviene de esta región donde es considerado como uno de los

productos básicos de la economía campesina los principales productores son: India, Brasil y China. Colombia representa el 0,8% de la producción mundial.

En Colombia el frijol es un componente esencial de la dieta alimentaria por su alto contenido de proteínas y su bajo costo. (Schneider, 2012).), El 93% del área sembrada de frijol está en la zona andina, el resto se siembra en Antioquia, en los valles interandinos y la costa atlántica. El 58% de la producción viene de las variedades arbustivas y el 42% de las variedades enredadera. (Fenalce, 2013).

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

4.2. Clasificación Taxonómica.

Desde el punto de vista taxonómico, el frijol es el prototipo del género *Phaseolus* su nombre científico es *Phaseolus vulgaris L.* asignado por Lineo en 1753. Perteneciente a la tribu *Phaseolae* de la subfamilia *papilionoidae* dentro del orden *Rosales* y la familia *Leguminosae* (CIAT, 1984)

El género *Phaseolus* se distingue por el indumento formado por tricomas rectos, glandulares y uncinados, estípulas no prolongadas debajo del punto de inserción y generalmente retrorsas, pedicelos generalmente más largos que el cáliz e inflorescencias sin protuberancias nectaríferas en los nudos, por tener pelos uncinados en las hojas, quilla con

los pétalos apretadamente enrollados en los laterales, nudos de la inflorescencia sin nectarios extra florales, y brácteas persistentes.

Los principales componentes químicos de la fibra en el frijol son:

Las pectinas, pentosas, hemicelulosa, celulosa y lignina. Además, este alimento también es una fuente considerable de calcio, hierro, fosforo, magnesio y Zinc y de las vitaminas tiamina, niacina y ácido fólico.

4.3. Descripción Botánica.

Los frijoles, del género *Phaseolus*, forman parte de la familia de los *Fabaceae* y de la tribu de los *Phaseoleae*. Es una planta herbácea, erecta o trepadora, detalle 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, 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 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.

4.4. Clasificación general del frijol

La planta del frijol se clasifica según sus hábitos de crecimiento los cuales son de cuatro tipos:

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 entre 30 y 50 cm (aunque existen casos de plantas enanas con 15 a 25 cm de altura). 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.

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

Descripción botánica de la planta del frijol. Fuente: modificado de (Ríos & Quirós, 2002)

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 presentan en su parte terminal (se presentan luego de iniciada la floración); los entrenudos de las guías son mucho más largos que los entrenudos de los tallos.

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).

4.5. Morfología.

El Centro Internacional de Agricultura Tropical —CIAT— ha establecido una escala para diferenciar las etapas de desarrollo del fríjol, basada en la morfología de la planta y en los cambios fisiológicos que se suceden durante el desarrollo. Esta escala permite referir las observaciones y prácticas de manejo, o etapas de desarrollo fisiológico. El ciclo biológico de la planta de fríjol se divide en dos fases sucesivas: la fase vegetativa y la fase reproductiva. La fase vegetativa se inicia cuando se le brindan a la semilla las condiciones para iniciar la germinación, y termina cuando aparecen los primeros botones florales o los primeros racimos. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta. La fase reproductiva, por su parte, está comprendida entre la aparición de los primeros botones florales o racimos y la madurez de cosecha. En el desarrollo de la planta de fríjol se han identificado 10 etapas, las cuales están delimitadas por eventos fisiológicos importantes. Cada etapa comienza en un evento del desarrollo, cuyo nombre la identifica, y termina donde se inicia el siguiente evento, y así sucesivamente

La morfología de las especies se agrupan en caracteres constantes y variables; los constantes son aquellos que se identifican especie o variedad. Los caracteres variables reciben la influencia de las condiciones ambientales (resultante de la acción del medio ambiente sobre el genotipo)

Tabla 1. Etapas de desarrollo en un cultivo de frijol común

Fase	ETAPA		EVENTO CON QUE SE INICIA CADA ETAPA
	CODIGO	NOMBRE	
VEGETATIVA	V0	GERMINACION	LA SEMILLA ESTA EN CONDICIONES FAVORABLES PARA INICIAR LA GERMINACION.

	V1	EMERGENCIA	LOS COTÍLEDONES DEL 50% DE LAS PLANTAS APARECEN AL NIVEL DEL SUELO
	V2	HOJAS PRIMARIAS	LAS HOJAS PRIMARIAS DEL 50% DE LAS PLANTAS ESTAN DESPLEGADAS
	V3	PRIMERA HOJA TRIFOLIADA	LA PRIMERA HOJA TRIFOLIADA DEL 50% DE LAS PLANTAS ESTAN DESPLEGADA
	V4	TERCERA HOJA TRIFOLIADA	LA TERCERA HOJA TRIFOLIADA DEL 50% DE LAS PLANTAS ESTA DESPLEGADA

Fuente (Morales & Castillo, 2009).

Tabla 2. Etapas de desarrollo en un cultivo de frijol común.

Fase	ETAPA		EVENTO CON QUE SE INICIA CADA ETAPA
	CODIGO	NOMBRE	
REPRODUCTIVA	R5	PREFLORACION	LOS PRIMEROS BOTONES O RACIMOS EN EL 50% DE LAS PLANTAS
	R6	FLORACION	SE HA ABIERTO LA PRIMERA FLOR EN EL 50% DE LAS PLANTAS
	R7	FORMACION DE VAINAS	AL MARCHITARSE LA COROLA, EN EL 50% DE LAS PLANTAS APARECE POR LO MENOS UNA VAINA
	R8	LLENADO DE LAS VAINAS	LLENADO DE SEMILLAS EN LA PRIMERA VAINA EN EL 50% DE LAS PLANTAS
	R9	MADURACION	CAMBIO DE COLOR POR LO MENOS UNA VAINA EN EL 50% DE LAS PLANTAS (DEL VERDE AL AMARILLO UNIFORME O PIGMENTADO)

Fuente: (Morales & Castillo, 2009).

4.6. Factores que afectan el cultivo.

Los factores climáticos y fisicoquímicos influyen en el desarrollo y el comportamiento del cultivo de frijón, requiere condiciones de suelos profundos y

fértiles, con buenas propiedades físicas, de textura franco limosa, aunque también tolera texturas franco arcillosas. Las condiciones físicas y químicas de los suelos donde se cultiva el fríjol en Colombia son muy variables. Ello muestra que el fríjol tiene la habilidad de adaptarse a una gran cantidad de condiciones de suelo y topografía (Ríos, 2002). Por lo general, se siembra en zonas de montaña y también en los valles interandinos.

Temperatura: La planta de fríjol crece bien en temperaturas promedio entre 15 y 27° C. En términos generales, las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas causan una aceleración. Las temperaturas extremas (5° C o 40° C) pueden ser soportadas por períodos cortos, pero por tiempos prolongados causan daños irreversibles (White, citado por Ríos y Quirós, 2002).

Luz: El papel más importante de la luz está en la fotosíntesis, pero también afecta la fenología y morfología de la planta. El fríjol es una especie de días cortos, los días largos tienden a causar demora en la floración y la madurez. Cada hora más de luz por día puede retardar la maduración de dos a seis días. Los factores climáticos como la temperatura y la luminosidad no son fáciles de modificar, pero es posible manejarlos; se puede recurrir a prácticas culturales, como la siembra en las épocas apropiadas, para que el cultivo tenga condiciones favorables (Ríos, 2002).

Agua: El agua es un elemento indispensable para el crecimiento y desarrollo de cualquier planta, como reactivo en la fotosíntesis, elemento estructural, medio de transporte y regulador de temperatura (White, citado por Ríos, 2002). Se estima que más del 60% de los cultivos de fríjol en el tercer mundo sufren por falta de agua. En

contraste con lo anterior, las zonas donde se siembra fríjol en Colombia corresponden a los pisos altitudinales premontano (1.000 a 2.000 msnm) y montano bajo (2.000 a 3.000 msnm), con precipitaciones superiores a los 500 mm promedio anual, y en el caso de las tierras cafeteras y del clima frío moderado, son superiores a los 1.000 mm, suficientes para satisfacer las necesidades de agua del cultivo (Ríos, 2002). Está demostrado que el fríjol no tolera el exceso ni la escasez de agua. Sin embargo, la planta ha desarrollado algunos mecanismos de tolerancia a estas condiciones de estrés, como el aumento en el crecimiento de las raíces para mejorar la capacidad de extracción de agua. En cambio, no se han identificado mecanismos de tolerancia al anegamiento, y su recuperación frente a este hecho se relaciona con la habilidad para producir raíces adventicias (White, citado por Ríos, 2002).

Estudios realizados para medir el consumo de agua del fríjol a lo largo de las etapas de desarrollo han permitido determinar que el mayor consumo se da en las etapas de floración y formación de las vainas (Pavani, citado por Ríos, 2002). En la zona cafetera de Colombia, los mejores rendimientos en fríjol arbustivo se obtienen cuando la precipitación es de aproximadamente 400 mm, bien distribuidos en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo (Jaramillo, citado por Ríos, 2002).

pH: Crece bien en suelos con pH entre 5,5 y 6,5, de topografía plana y ondulada, con buen drenaje.

4.7. Variedades de frijol

Colombia posee una gran riqueza en cuanto a materiales genéticos de fríjol. Esta especie, por ser originaria de Centro y Suramérica, presenta una gran diversidad en cuanto a sus

características y comportamiento como reacción a las condiciones ambientales y de manejo. De acuerdo con el origen, ciertos tipos de fríjol se han ido adaptando a las condiciones de cada lugar. Por ejemplo, los fríjoles de hábito IV (volubles) se han adaptado a las condiciones del clima frío. Así mismo, dependiendo de los hábitos de consumo, determinadas regiones se han especializado en la producción con variedades cuyo grano pertenece a determinada clase comercial. Es el caso del fríjol tipo: cargamanto en Antioquia, el bola roja en el Altiplano Cundiboyacense, o el mortiño en Nariño. Caso contrario sucede con otros tipos de fríjol como la clase calima, que se producen y se consumen en varias regiones de Colombia. Aprovechando la gran diversidad genética existente en el país, se han realizado numerosas investigaciones para mejorar las variedades por características deseables en cuanto a adaptación al medio, rendimiento, resistencia o tolerancia a enfermedades, teniendo además en cuenta el tipo de grano, de acuerdo con las preferencias que se han identificado en cada región.

3. Tipos de frijol más común.



Frijol Cargamanto



Frijol Bola Roja



Frijol Mortiño



Frijol Calima

Figura 1. Tipos de frijol común

4.8. Selección de la variedad

En la selección de las variedades que se van a sembrar se debe tener en cuenta varias consideraciones: que se adapten bien a las condiciones climáticas de la zona, que tengan un buen potencial de rendimiento por unidad de área y por unidad de semilla sembrada. La variedad escogida, en lo posible, debe tener resistencia comprobada a las enfermedades más limitantes del cultivo en la zona. Por último, y lo más importante, es que la variedad por su tipo de grano tenga aceptación en el mercado y que le garantice un buen precio de venta al agricultor para mejorar la competitividad del cultivo. En el caso del fríjol voluble en Antioquia, es bien conocida la preferencia en el mercado por los fríjoles tipo cargamanto,

que reúnen además algunas de las características antes mencionadas, con excepción de la resistencia a enfermedades. Por esta razón, entidades como Corpoica han estado investigando desde hace varios años para lograr obtener variedades mejoradas de fríjol tipo cargamanto, que además de poseer un grano con las características deseadas de acuerdo con las preferencias del mercado, tienen resistencia a enfermedades y altos rendimientos.

4.9. Plagas y Enfermedades

Plagas: Son muchas las especies de insectos que se pueden encontrar asociadas al fríjol. Según Guarín, en el cultivo de fríjol 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.

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 *Hilemy acilicrura rondani*, 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 *Phyllophaga obsoleta*, *Cyclocephala sp.*, *Ancognata sp.*, *Anomala sp.*, *Plectris sp.*, y *Macroductylus sp.* Zuluaga & Sierra, (1994).

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 *Bacillus popilliae*, causante de la enfermedad lechosa en larvas y pupas, un *nematodo* del género *Rabditida* que actúa sobre larvas, y los hongos

Metarhizium anisopliae y *Beauveria bassiana*, que atacan todos los estados de desarrollo de la plaga”. (p.37)

3. **Lorito verde:** El lorito verde o salta hojas (*Empoasca kraemeri*) 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 raquítico, 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 *Trialeurodes vaporariorum*. 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 *Epinotia aporema*:** 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 *Acanthoscelides obtectus* y *Zabrotes subfasciatus*. La principal diferencia entre las dos especies radica en el comportamiento durante la oviposición.

Las hembras de *A. Obtectus* 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)

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 inoculó. La semilla infectada y los residuos de cosecha son las fuentes primarias de inoculó 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 sonadas, 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 *Isariopsis griseola* Sacc., 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:

Phaseolus vulgaris, *P. lunna*, *P. multiflorus*, *Pisum sativum* y *Vigna sinensis* (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 frijón en el mundo y, además del frijón 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 frijón, 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) (Valencia, 2013)

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. LOCALIZACIÓN

5.1.1. Macrolocalización.

El departamento de Risaralda es uno de los 32 departamentos de Colombia. Cuenta con una población de 863.663 habitantes. La capital es Pereira que cuenta con el 56% de su población total y las principales ciudades son Dosquebradas, Santa Rosa de Cabal y La Virginia.

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. (Recuperado el 20 de Agosto de 2013 en la página del DANE)

Está conformado por una zona central de topografía ligeramente ondulada con una altura promedio inferior a los 2.000 msnm. Esta zona esta bordeada por las cordilleras Central y Occidental, la Central supera los 4.500 msnm en los Nevados de Santa Isabel y Quindío y la Occidental alcanza en promedio los 4.000 msnm en el Cerro Tatamá; las dos cordilleras están separadas por el cañón del río Cauca. (Gobernación de Risaralda, 2013)

Cabe resaltar que las cabeceras de los Municipios se encuentran entre identificados por 4 pisos térmicos determinados, así: cálido (8.9%), medio (51%), frío (31%) y páramo (8.9%).

La temperatura promedio de la región oscila entre 18 y 21 °C.

5.1.2. **Microlocalización.** La investigación se llevó a cabo en dos localidades.

La primera 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 Holdridge pertenece a bosque húmedo premontano (bh-PM). (Holdridge, 19).

Y la segunda en la finca ubicada en la Vereda La Bella del Municipio de Pereira, Risaralda, el cual corresponde a clima frío moderado, y según la clasificación Holdridge pertenece a bosque muy húmedo premontano bajo (bm-PB), a una altura de 1800 m.s.n.m., con temperatura promedio de 17 grados.

El corregimiento de La Bella es un área que se caracteriza por ocupar el tercer lugar en producción de Cebolla Junca o larga (*Allium fistulosum*) en el país, con aproximadamente más de 260 hectáreas sembradas, también es un área que produce diferentes clases de hortícolas de la canasta familiar, siendo la fuente de abastecimiento de grandes centros de consumo y comercio como las ciudades de Pereira, Armenia y Manizales.

5.2. Material vegetal

Tomando como base los resultados obtenidos en los ensayos preliminares del programa de mejoramiento de Frijol, de los cruces recíprocos entre frijol variedad ICA Quimbaya y la Variedad Cargamanto, las dos mejores líneas F₁₁ seleccionadas, fueron sembradas, para llevar a cabo los ensayos comparativos de rendimiento, seguido de las pruebas de eficiencia agronómica para ser presentadas ante el ICA para la obtención del “Registro de Obtentor” de las dos nuevas variedades y se empleó como testigo la variedad Quimbaya.



Figura 2. Siembra de dos líneas avanzadas de frijol y testigo en las dos localidades; A) Lote UNAD; B) 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 utilizó una balanza electrónica de marca *Boeco* modelo: *Standart Con Cabina De Vidrio-Ref Bas 32*
- **Pie de rey o Calibrador:** Para la medición de la longitud y diámetro de los granos de frijol se empleó un pie de rey electrónico de marca GearWrench.
- **Cinta métrica:** Con la ayuda del metro se evaluó y midió el tamaño (altura) de las plantas en campo.

5.4. ESTABLECIMIENTO DEL ENSAYO.

5.4.1 Prueba de germinación

Para la realización de la prueba de germinación se utilizaron los siguientes implementos:

- Semillas de frijol

- Papel de cocina
- Bolsa de plástico

Una vez dados los materiales, se procede a mostrar el paso a paso del proceso:

1. Lo primero que hacer es coger un papel y humedecerlo. Para ello se puede utilizar un pañuelo mojado e ir pasándolo por el papel.
2. Una vez mojado el papel coge 100 semillas y ponlas encima del papel húmedo. Las 100 semillas tienen que ser de una misma especie. Es recomendable no poner semillas variadas de un tipo y de otras.
3. A continuación se tapa la semilla con el papel que también debe estar húmedo, se pone dentro de la bolsa de plástico. Se cierra esta bolsa y se deja en un lugar cálido. Este proceso se repite para ambos tipos de especies en diferentes papeles.
4. Después de 5 días se abre la bolsa y saca el papel húmedo con las semillas. Aquí se revisan si han germinado las semillas y cuenta cuántas lo han hecho.

El resultado de la prueba de germinacion fue del 99%.

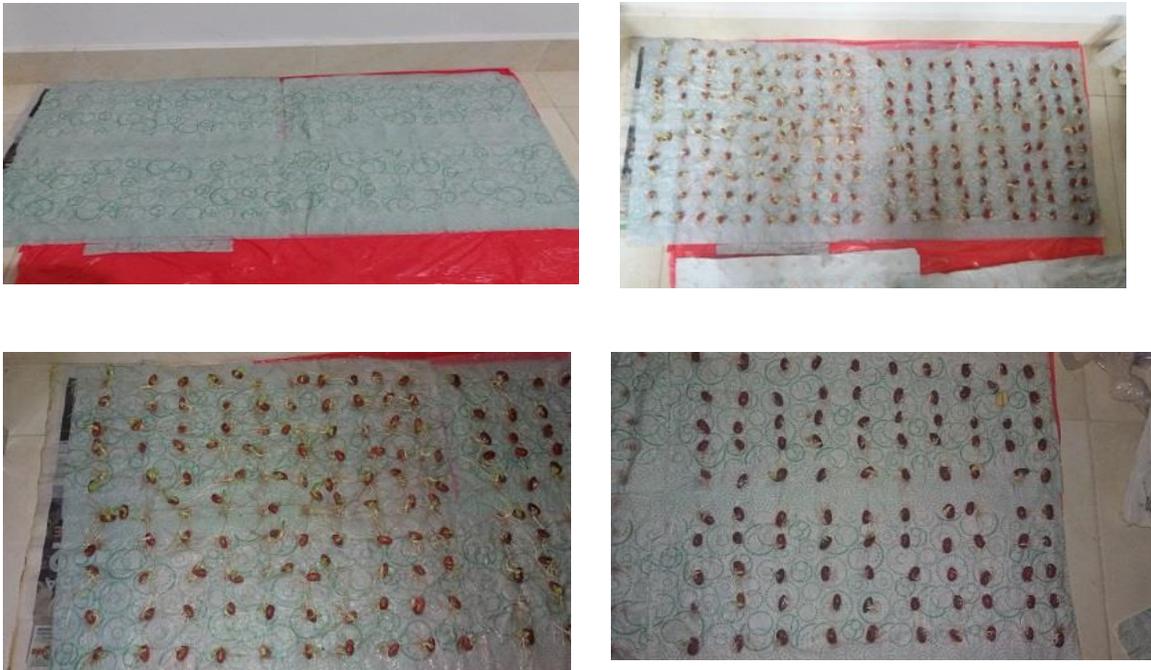


Figura 3. Establecimiento de la prueba de germinación de las semillas de frijol

Fuente: Elaboración propia

5.4.2 Manejo del cultivo.

Manejo agronómico de las dos líneas: La fertilización básica proporcionada a las plantas fue de 100 kg/ha de fórmula 18-46-0 (Di fosfato de amonio) 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.

Se realizó un manejo preventivo de enfermedades, con aplicación de clorotalonil + benomil, en dosis de 40 g + 20 g. por 20 L de agua, respectivamente. Para el manejo de plagas, se aplicara Tiametoxan, en dosis de 10 cm³ por 20 L de agua. Las arvenses se

manejaron con control manual.

5.5 Diseño experimental.

Las dos líneas avanzadas y el testigo (variedad Quimbaya), se evaluarán en parcelas de 17 metros de largo x 15 metros de ancho, sembrado una semilla cada 15 cm y 70 cm entre surcos, en un diseño completamente al azar.

Las unidades de muestreo corresponderán a surcos completos de 360 plantas, establecidos en las parcelas

Los tratamientos corresponderán a las dos líneas puras de la hibridación y retrocruzamientos y la variedad Quimbaya (testigo), evaluadas en dos ambientes.

5.5.1 Variables de respuesta

Se evaluaron los siguientes caracteres: Altura de la planta (AP), número de granos por planta (GPP), Longitud grano (LG), peso de cien semillas (PCS). (NHP) Numero de hojas por planta. (PGP) Peso grano por planta, (NVP) número de vainas por planta y (NGV) Numero de granos por vaina.

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), cuando se presentó diferencias mínimas significativas entre ellas, se realizó prueba de medias con Tukey y un análisis de efectos simples de las variables.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.4 EVALUACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE LÍNEAS F₁₁ DEL CRUCE RECÍPROCO ENTRE FRIJOL QUIMBAYA POR CARGAMANTO EN CLIMA FRÍO MODERADO (LA BELLA).

Al realizar el análisis de varianza de la evaluación de las líneas en cada una de localidades se encontró diferencias entre estas, por lo tanto se realizó prueba de Tukey para encontrar la línea con mejor comportamiento en la localidad.

En este análisis se pudo determinar que en la localidad de La Bella, la línea 3 y 7 presentan un mejor comportamiento que la línea testigo, sin embargo, cabe denotar que la línea 3 obtiene mejores promedios con relación a las diferentes variables analizadas, como el N° de hojas, la altura, el peso y la longitud del grano. Aunque la diferencia en algunas de estas variables es muy leve, es importante resaltar que la línea 3 es la que presenta mejores resultados en este clima frío moderado.

Tabla 3. Resultados del análisis de medidas - prueba Tukey a 5% - de las líneas F₁₁ y en testigo en clima frío moderado- La Bella

Genotipo	N° Hojas		Altura		N°.Vainas		Peso Granos/Planta		Longitud de Grano	
	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo
Línea 3	39.9	a	39.0	a	9.93	ab	24.4	a	15.4	a
Línea 7	33.7	b	38.7	a	12.80	a	23.4	a	14.5	ab
Variedad Quimbaya	23.3	c	37.1	a	7.20	b	15.7	b	14.4	b

Nota: Dentro de una misma columna, promedios con igual promedio no difieren estadísticamente (P>0.05)

En la tabla 3, se presentan los resultados del análisis de varianza de las variables morfoagronómicas utilizados para evaluar el comportamiento de la línea del cruce F₁₁ recíproco entre frijol ICA Quimbaya por cargamento, frente al testigo variedad Quimbaya, en el corregimiento la Bella, sitio que corresponde al clima frío moderado, en el que se observan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los materiales, para las variables analizadas

Con respecto al coeficiente de variación se observa que se presenta una desviación porcentual dentro de cada uno de las líneas relativamente bajo, lo que nos indica que el experimento se condujo exitosamente y se presentó pocos errores experimentales

6.2 EVALUACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE LÍNEAS F₁₁ DEL CRUCE RECÍPROCO ENTRE FRIJOL QUIMBAYA POR CARGAMENTO EN CLIMA FRÍO MEDIO (DOSQUEBRADAS)

Después de realizar un breve análisis, se puede apreciar un mejor comportamiento de las líneas sobre el testigo en esta localidad y leve mejor comportamiento de la línea 3 sobre la línea 7 en este sitio.

Con relación a este clima frío medio, de la localidad de Dosquebradas, se identifica que la línea 3 y la línea 7 presentan un comportamiento superior en todas las variables de análisis frente a la línea de variedad Quimbaya. Sin embargo, al analizar detalladamente los resultados de ambas líneas, se observa que nuevamente la línea 3 obtiene un mejor promedio en la mayoría de variables sobre la línea 7. Obsérvese en la siguiente tabla, que aunque la línea 7 presenta un mejor promedio en cuanto al N° de hojas y la Longitud del

grano, la línea 3 se repunta en las demás variables, considerándose el Peso por grano, un factor importante a considerar a la hora de comercializar el producto.

Tabla 4. Resultados del análisis de medidas - prueba Tukey a 5% - de dos líneas F11 y el testigo en clima frío medio- Dosquebradas

Genotipo	Nº Hojas		Altura		Nº Vainas		Peso Granos/Planta		Longitud de Grano	
	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo
Línea 3	13.1	a	35.1	a	10.40	a	23.2	A	14.0	b
Línea 7	13.7	a	29.0	b	9.93	ab	21.7	A	15.0	a
Variedad Quimbaya	10.8	b	29.7	b	7.33	b	10.2	b	14.5	ab

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

Lo anterior es posible corroborarlo en la tabla 5, en la cual se realiza un análisis de la variable longitud de la vaina LV por cada una de las localidades.

Tabla 5. Análisis de Longitud de Vainas por localidad -de los materiales evaluados.

Localidad	Material	Longitud Vaina			
		n	Máximo	Mínimo	Moda
La Bella	Línea 3	15	15	13	14
	Línea 7	15	15	14	14
	Variedad Quimbaya	15	14	12	13
Dosquebradas	Línea 3	15	14	12	13
	Línea 7	15	13	12	13
	Variedad Quimbaya	15	14	13	13

Continuando con el análisis de los resultados, es posible identificar que para el Número de Granos por Vaina (NGV) que hay comportamientos similares entre los diferentes materiales, siendo las líneas 3 y 7 las que arrojan el mejor valor numérico en este

parámetro, con una lectura para ambas de 5 a 3 granos por vaina (ver tabla 6). es importante tener claro que este factor se encuentra establecido en los genes de la planta y el ambiente tiene poca influencia en sus variaciones, siendo relevante con una incidencia positiva en cuestión de sus rendimientos.

Tabla 6. Análisis de No. Granos/ vaina de los materiales en cada una de las localidades

Localidad	Material	No. Granos/Vaina			
		n	Máximo	Mínimo	Moda
La Bella	Línea 3	15	5	3	3
	Línea 7	15	5	3	4
	Variedad Quimbaya	15	4	3	4
Dosquebradas	Línea 3	15	5	4	4
	Línea 7	15	5	4	5
	Variedad Quimbaya	15	4	3	3

Para la variable Peso de Cien Semillas (PCS), todas los materiales presentaron diferencias entre ellas, pero la línea 7 de la localidad de Dosquebradas fue la que arrojó mejor resultado con una moda de 62,60 gr, seguida de la línea 3 de la localidad de la Bella con una moda de 61,45%, adquiriendo una gran diferencia entre la de menor lectura arrojando 53.72 gr(ver tabla 7).Se observa una gran brecha para esta variable, las líneas 3 y Quimbaya conservaron su expresión en los diferentes localidades, sin embargo, la línea 7 alcanzó un mayor peso en la localidad de Dosquebradas. Lo anterior indica que al ser este un carácter cuantitativo controlado por muchos genes, puede haberse presentado efectos ambientales que afectan su expresión. (Vallejo & Estrada, 2002)

Tabla 7. Análisis de peso de cien semillas por localidad- cruce Frijol Quimbaya - Cargamanto.

Localidad	Material	Peso de 100 semillas			
		n	Máximo	Mínimo	Moda
La Bella	Línea 3	15	61,45	61,45	61,45
	Línea 7	15	53,72	53,72	53,72
	Variedad Quimbaya	15	54,25	54,25	54,25
Dosquebradas	Línea 3	15	60,83	60,83	60,83
	Línea 7	15	62,60	62,60	62,60
	Variedad Quimbaya	15	55,64	55,64	55,64

En las siguientes imágenes se puede apreciar el tamaño, forma y color de los granos en las diferentes líneas evaluadas de la generación F11:

6.3 EVALUACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE LÍNEAS F₁₁ DEL CRUCE RECÍPROCO ENTRE FRIJOL QUIMBAYA POR CARGAMANTO ENTRE LAS DOS LOCALIDADES

Tabla 8. Varianza de variables morfoagronómicas de 2 líneas F11 cruce frijol Quimbaya – Cargamanto – análisis de ambos climas

Fuente de Variación	Gl	N° Hojas		Altura		N° Vainas por planta		Peso Granos/Planta		Longitud de Grano	
		CM	Pr>F	CM	Pr>F	CM	Pr>F	CM	Pr>F	CM	Pr > F
Material	2	709,5	<.0001	118,1	0,000	133,30	0,001	1054,9	<.0001	0,642	0,379
Localidad	1	8781,3	<.0001	1109,5	<.0001	12,84	0,212	175,8	0,095	1,592	0,090
Material x Localidad	2	382,2	<.0001	62,7	0,002	25,28	0,067	42,3	0,476	7,138	0,001
Promedio		22,4		34,8		9,60		19,8		14,6	

CV (%)	14,0	7,0	15,8	23,7	5,6
--------	------	-----	------	------	-----

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

Al encontrar diferencias significativas entre los materiales evaluados en el clima frío moderado, para cada una de las variables, se aplicó la prueba Tukey, puesto que el interés es encontrar si las dos nuevas variedades presentan diferencias agronómicas superiores al testigo; los resultados se presentan en la tabla 4.

Tabla 9. Resultados del análisis de medidas - prueba Tukey a 5% - F11 entre las dos localidades

Factor	Modalidad	Nº Hojas	Altura	Nº Vainas	Largo de Vainas	Peso Granos/Planta	Peso 100 Semillas	Longitud de Grano
Material	Línea 3	26.5a	37.0a	11.4a	13.5a	23.8a	61.14a	14.8a
	Línea 7	23.7b	33.8b	10.2a	13.4a	22.6a	58.2b	14.7a
	Variedad Quimbaya	17.0c	33.4b	7.3b	13.1a	13.0b	54.9c	14.5a
Localidad	La Bella	32.3a	38.3a	10.0a	13,7a	21.2a	56.5a	14.8a
	Dosquebradas	12.5b	31.2b	9.2a	13.0a	18.4a	59.7a	14.5a

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

En el caso de la variable Número de Hojas por Planta (NHP) se formaron 3 grupos, siendo las líneas 3 y 7 las de mayor número de hojas, superando al testigo (Variedad Quimbaya) con un promedio de 26,5y 23,7 NHP respectivamente; con respecto a la localidad, la bella obtuvo un promedio de 32,3 NHP, superando en 19,8 NHP el promedio obtenido en la localidad de Dosquebradas (12,5 NHP).

Para la variable Altura de la Planta (AP) se formaron 2 grupos, lo que indica que existe variación entre las líneas evaluadas, la que obtuvo una mayor altura fue la línea 3, con promedio por encima de 37 cm. La altura de la línea 7 y Quimbaya fue muy similar; La

altura de planta es un carácter que se ha mantenido en la selección de las líneas, después de la segregación de las progenies. (Vallejo & Estrada, 2002).

Con relación al análisis de esta variable por localidad, se identifica que en La Bella, las plantas alcanzan una altura promedio de 38,3 cm. 7cm por encima de las plantas ubicadas en el municipio de Dosquebradas.

Con respecto al Número de Vainas por Planta (NVP) se formaron 2 grupos, siendo las líneas mejoradas 3 y 7 las de mayor número de vaina por encima al testigo (Variedad ICA Quimbaya) con un promedio de 11,4 y 10,2 NVP respectivamente, lo cual indica, según Vallejo y Estrada, (2002), que estas características son heredables y se controlan por una baja cantidad de genes que presentan gran importancia con relación a los niveles de producción.(Vallejo & Estrada, 2002)

Con base a las localidades, se observa que no hay diferencias entre localidades, ratificando que el NVP es carácter determinado por pocos genes y poco influenciado por el ambiente.

Al analizar el Peso de Grano por Planta (PGP) nuevamente las líneas 3 y 7 superan ampliamente la producción de la variedad Quimbaya (Testigo) con un peso promedio de 23,8 y 22,6 gr, frente a los 13 gr del Quimbaya, Esta variable no presentó diferencias significativas entre localidades,.

Dado lo anterior, analizando el número de vainas y el peso de granos por planta, es posible identificar una gran diferencia en la producción a favor de las líneas 3 y 7 por encima de la variedad Quimbaya.

Al analizar la variable Peso de Cien Semillas (PCS) se formaron tres grupos, lo que significa que existe diferencia altamente significativa entre los materiales, siendo las líneas 3 y 7 las de mayor peso 61.14 gr y 58.2 gr respectivamente, superando a la variedad Quimbaya con un peso 54.9 gr (Ver tabla 4).

En el análisis de la longitud del grano, se observa esta fue la única variable que forma un solo grupo, indicando que es un carácter fijo, seguramente heredado del parental Quimbaya, determinado por pocos genes, por lo que es poco influenciado por el ambiente, (Ver tabla 4).



Figura 4. *Granos de frijol de generación F11 de L3*
Fuente: Elaboración propia



Figura 5. *Granos de frijol generación F11 de L3*

Fuente: Elaboración propia.

6.5 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES RESPUESTA PARA LA GENERACIÓN F₁₁. DEL CRUCE RECÍPROCO ENTRE FRIJOL QUIMBAYA POR CARGAMANTO EN DOS CLIMAS DIFERENTES

Los datos obtenidos mediante en la 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 un mayor número de hojas permitirá tener una mayor altura de la planta.

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 vainas por plana, se obtiene un mayor peso de granos por planta.

Un mayor número de hojas, presenta una correlación positiva con un mayor peso de granos planta (PGP), y con un mayor longitud de los granos,

Tabla 10. Análisis matriz de correlaciones

Variable	No. Hojas	Altura Planta	No. Vainas	Peso Granos/Planta	Longitud Grano
No. Hojas	1				
Altura Planta	0,821 <.0001	1			
No. Vainas	0,360 0,051	0,298 0,110	1		
Peso Granos/Planta	0,446 0,014	0,377 0,040	0,791 <.0001	1	
Longitud Grano	0,392 0,032	0,060 0,751	-0,008 0,967	0,192 0,311	1

6.6 Evaluación de dos líneas F₁₁ en comparación con la variedad Quimbaya por Caracteres Deseados.

Se evaluación agronómica de las líneas L3 y L7 de líneas de la generación F₁₁ comparadas frente al testigo variedad ICA Quimbaya, 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 grano, las cuales fueron presentaron valores superiores al testigo, lo que permite, presentar las dos líneas para la obtención del registro de dos nuevas variedades de frijol que satisfaga las exigencias de los productores de la zona de clima medio y frio moderado, como la de los consumidores.

7 Conclusiones.

- La evaluación morfoagronómica de las líneas 3 y la línea 7 del cruce recíproco entre el frijol variedad ICA Quimbaya por Cargamanto, mostraron condiciones superiores al testigo variedad Quimbaya, con porte arbustivo, tamaño de grano grande, forma ovalada y color del grano moteado uno y al otro rojo intenso
- Las dos líneas avanzadas de frijol del cruce recíproco entre la variedad Quimbaya por Cargamanto, seleccionadas presentaron una gran adaptación al clima medio y al clima moderado frío, reflejado en un mejor rendimiento que el testigo ICA Quimbaya y manteniendo la uniformidad, estabilidad y distinguibilidad, que permite que estas dos líneas pueden ser presentadas ante el ICA para la solicitud de registro de nuevas variedades.

8 Recomendaciones.

- Se recomienda, generar una estrategia de integración vertical y horizontal entre los agricultores de la región y las grandes empresas exportadoras de frijol, con el fin de mejorar la calidad de los cultivos, los procesos y el producto final, dándole un valor agregado a la industria y a la economía en general del país.
- De igual forma, es recomendable para el programa de la UNAD, presentar las líneas denominadas L3 y L7 al ICA, para dar inicio a los procesos requeridos con el fin de registrar y certificar el producto como una nueva variedad de frijol arbustivo
- También es recomendable que los programas de mejoramiento como el de la UNAD, evaluar las diversas líneas que provienen de otros programas, todo esto con el fin de hallar material que sirva como base para aislar los genotipos superiores beneficiando los programas con instrucciones para ser utilizados como depósito de germoplasmas para trabajos similares o de hibridación

Bibliografía

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

Capote, L. (2011). INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN. Revista digital

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

Temas para la Educación, N° 12. Federación de Enseñanza de CC.OO. de Andalucía.

ISSN: 1989-4023. Disponible en: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd7857.pdf>

Fenalce. (2013). *Situación actual y perspectivas del cultivo de fríjol*. , C. I. (2000). *Informe anual del CIAT*. Cali. Colombia.

Fenalce. (2016). Cifras de producción frijol primer semestre de 2015. Disponible desde internet en ww.fenalce.org/~fenalce/nueva/plantillas/arch_web/APR2015AA5.pdf(con acceso el 16/01/2016).

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

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

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*.

http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/28093.pdf

Pesamatic, (2018), La Balanza Analítica y su Uso Adecuado. Recuperado el 15 de junio de 2018. Disponible en: <https://www.pesamatic.cl/la-balanza-analitica-y-su-uso-adequado/>

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

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

Stefanelli. E. (S.f) Uso del calibre, calibrador o pie de rey. Recuperado el 15 de junio de 2018. Disponible en: <http://www.stefanelli.eng.br/es/uso-calibre-pie-rey/>

RIOS B; QUIROS D. 2002. El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivo, Beneficio y Variedades. Convenio Fenalce. Manual: Frijol 52 Medellín.

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

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

Ulloa S, A., Ulloa R. & Ramírez, J. (S.F). El frijol (*Phaseolusvulgaris*): su importancia nutricional, Universidad Autónoma de Nayarit. 2 U.A. de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. 3 Cuerpo Académico de Tecnología de Alimentos U. A. de Ciencias Químico Biológicas y Farmacéuticas.

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

Recuperado el 20 de Agosto de 2013 en la página del DANE : <http://www.carder.gov.co/web/es/jurisdiccio#sthash.GapxdCWN.dpuf365.300>

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

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

Virgili. Pl. Imperial Tàrraco, 1. 43005-Tarragona (EL ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ANOVA) 1. Comparación de múltiples poblaciones Ricard Boqué, Alicia Maroto Grupo de Quimiometría y Cualimetría. Universitat Rovira)

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* .