



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

“CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES NATIVAS DE FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), PROCEDENTES DEL BANCO NACIONAL DE GERMOPLASMA DEL INIAP, EN EL CANTÓN COTACACHI PROVINCIA DE IMBABURA”

**Trabajo de grado previo a la obtención del Título de:
Ingeniero Agropecuario**

AUTOR:

TABANGO MÉNDEZ EDWIN ERNESTO

Directora:

ING. DORIS CHALAMPUENTE, M.SC

IBARRA, 2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERIA EN AGROPECUARIA

“CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES NATIVAS DE FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) PROCEDENTES DEL BANCO NACIONAL DE GERMOPLASMA DEL INIAP, EN EL CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA”

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores M.Sc.
DIRECTOR

FIRMA

Ing. María José Romero Astudillo, MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL

FIRMA

Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes, MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL

FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	1003776422	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Tabango Méndez Edwin Ernesto	
DIRECCIÓN:	Cotacachi, Pedro Moncayo y 24 de Mayo		
EMAIL:	eetabangom@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2916780	TELÉFONO MÓVIL:	0995275799

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES NATIVAS DE FRÉJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) PROCEDENTES DEL BANCO NACIONAL DE GERMOPLASMA DEL INIAP, EN EL CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA"
AUTOR (ES):	Tabango Méndez Edwin Ernesto
FECHA: DD/MM/AAAA	24/05/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores M.Sc.

2. CONSTANCIAS

El autor Edwin Ernesto Tabango Méndez manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de mayo de 2021

EL AUTOR:

Edwin-Ernesto Tabango Méndez

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 27 días del mes de mayo del 2021

Nombres y Apellidos: Edwin Ernesto Tabango Méndez

“CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES NATIVAS DE FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), PROCEDENTES DEL BANCO NACIONAL DE GERMOPLASMA DEL INIAP, EN EL CANTÓN COTACACHI PROVINCIA DE IMBABURA”

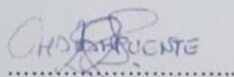
Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 27 días del mes de mayo del 2021 102 páginas.

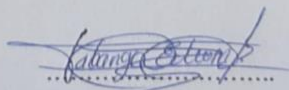
DIRECTOR (A): Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores M.Sc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Caracterizar variedades nativas de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) Procedentes del Banco de Germoplasma del INIAP, en el cantón Cotacachi.

Entre los objetivos específicos se encuentran. Evaluar 39 accesiones de fréjol, mediante el uso de descriptores morfo-agronómicos. Identificar materiales promisorios relacionados con variables agronómicas. Analizar bajo parámetros eco-geográficos los sitios de concentración de la variabilidad de frejol en la zona norte del Ecuador.



Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores M.Sc.
Directora de Trabajo de Grado



Edwin Ernesto Tabango Méndez
Autor

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por haberme bendecido en todo este tiempo de estudio, a toda mi familia especialmente a mis padres por haberme apoyado cada día con sus consejos y sabiduría además de brindarme su esfuerzo para poder culminar mi carrera profesional.

A mi directora Ing. Doris Chalampunte Flores, por su gran apoyo, por su paciencia y sobre todo por su profesionalismo para guiarme en el desarrollo y culminación de mi proyecto. A mis asesoras Ing. María José Romero y Lic. Ima Sánchez, por guiarme durante todo este camino en conjunto con la colaboración del PhD César Tapia por parte del INIAP – DENAREF.

Al tratado Internacional de la FAO sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, que financió el proyecto del Fondo de Distribución de Beneficios “PR-268-Ecuador”, bajo el cual se realizó esta investigación.

A mis amigos que me siempre estuvieron brindando un apoyo en este paso por la universidad.

INDICE

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1. 1 Antecedentes.....	1
1.2 Problema	4
1.3 Justificación.	4
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo General.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos.	6
1.5 Hipótesis	6
CAPÍTULO II.	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Importancia del fréjol en el Ecuador.....	7
2.2 Origen y distribución del fréjol.....	7
2.3 Contenido nutricional y usos	8
2.4 Descripción Taxonómica.	8
2.5 Descripción Botánica del fréjol.	8
2.6 Variedades mejoradas.	11
2.7 Condiciones de clima y suelo para la siembra	12
2.8 Ciclo del cultivo.....	12
2.9 Etapas fenológicas del cultivo de fréjol.	12
2.10 Plagas y enfermedades del cultivo	13
2.11 Caracterización y evaluación de germoplasma.....	13
2.12 Descriptores.	14
2.12.1 Tipos de descriptores.	14
2.13 Ecogeografía.	14
2.13.1 Software CAPFITOGEN 2.0.	15
2.14 Estrategias de conservación	16
2.15. Marco legal	16
CAPITULO III.....	18
MARCO METODOLÓGICO	18
3.1 Caracterización morfológica.....	18
3.1.1. Área de estudio	18

3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas.	19
3.3 Métodos.....	19
Fase 1: Caracterización morfoagronómica	19
3.3.1 Factor en estudio.....	19
3.3.2 Características del experimento	21
3.4 Análisis Estadístico.....	21
3.5 Nivel de daño causado por las plagas y enfermedades asociadas al cultivo.	30
3.6 Manejo del Experimento.....	37
3.6. 1. Labores culturales	37
Fase 2: Ecogeográfica	41
3.7.2. Área de estudio	41
3.7.3 Caracterización ecogeográfica.....	41
CAPÍTULO IV.....	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4.1 Caracterización Morfo-agronómica (Fase 1)	44
4.1.1 Variabilidad morfológica de datos cuantitativos según las etapas fenológicas del cultivo de frejol.	44
4.1.2 Variabilidad morfológica de datos cualitativos presentes en la colección	52
4.2 Análisis de agrupamiento de 39 accesiones de fréjol de la provincia de Imbabura. .	58
4.3 Valores discriminantes para los caracteres cualitativos y cuantitativos de las accesiones en la colección de fréjol.....	59
4.3.1 Caracteres cuantitativos discriminantes.....	59
a) Porcentaje de emergencia	60
b) Días a la Floración	60
c) Ancho de la hoja.....	61
d) Longitud de la hoja	61
e) Área Foliar.....	61
f) Duración de la maduración.....	61
g) Número de Vainas	61
h) Peso de 100 semillas.....	61

i) Longitud de la vaina	61
j) Ancho de la vaina	62
k) Longitud de la semilla	62
l) Ancho de la semilla	62
4.3.2 Caracteres cualitativos discriminantes.....	62
4.4 Identificación de Morfotipos.....	71
4.5 Materiales promisorios.....	79
4.6 Fase 2: Análisis ecogeográfico de la distribución del fréjol en la zona norte del país.	80
4.6.1 Mapa ELC del cultivo de Fréjol en las Provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha	80
4.6.2 Variabilidad Eco geográfica de datos cuantitativos.....	82
4.6.2.1 Variabilidad de datos bioclimáticos para el cultivo de fréjol.	82
4.6.2.3. Variabilidad de datos geofísicos para el cultivo de fréjol.....	83
4.6.3 Variabilidad ecogeográfica de datos cualitativos.	84
4.6.3.1 Variabilidad de datos edáficos para el cultivo de fréjol	84
4.6.4 Análisis de Conglomerados de datos ecogeográficos.....	86
CAPÍTULO V	89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
5.1 Conclusiones.....	89
5.2 Recomendaciones.	90
BIBLIOGRAFIA	91
ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Hábitos de crecimiento de la planta de fréjol	11
Tabla 2 Variedades mejoradas de fréjol presentes en la colección del INIAP	11
Tabla 3 Etapas fenológicas del cultivo de fréjol	12
Tabla 4 Datos de ubicación del área de estudio	19
Tabla 5 Datos pasaporte de los sitios de colecta de las 39 accesiones de fréjol	20
Tabla 6 Características de las parcelas experimentales en la zona de estudio	21
Tabla 7 Grupo de colores para la flor del fréjol	26
Tabla 8 Grupo de colores para la flor del fréjol	27
Tabla 9 Grupo de colores para la hoja de fréjol	28
Tabla 10 Grupo de colores para el tallo del fréjol	28
Tabla 11 Grupo de colores para las vainas de fréjol al momento de su madurez fisiológica	28
Tabla 12 Grupo de colores para las vainas del fréjol al momento de la cosecha	29
Tabla 13 Grupo de colores para semillas de fréjol	30
Tabla 14 Escala general del sistema estándar para la evaluación de germoplasma de fréjol	31
Tabla 15 Enfermedad del cultivo de fréjol roya (<i>Uromyces appendiculatus</i>) etapas para la evaluación: R6 y R8	31
Tabla 16. Enfermedades del cultivo de fréjol antracnosis (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>) etapas para la evaluación: R6 y R8.	32
Tabla 17. Enfermedades del cultivo de fréjol mancha angular (<i>Pseudocercospora griseola</i>) etapas para la evaluación: R6 y R8.	33
Tabla 18 Enfermedades del cultivo de fréjol bacteriosis común (<i>Xanthomonas campestris</i> pv.) escalas para la evaluación: R6, R8.	34
Tabla 19 Fertilizantes calculados para el área del ensayo (requerimientos)	39
Tabla 20 Variables ecogeográficas recopiladas del sistema de información geográfica	42
Tabla 21 Medida resumen para porcentaje de emergencia (estado de plántula).	44
Tabla 22 Medidas resumen para variables en etapa de Floración	45
Tabla 23 Medidas resumen para variables en estado de madurez fisiológica	47
Tabla 24 Medida resumen para variables en estado de cosecha	49
Tabla 25 Frecuencia presente en el hábito de crecimiento	52
Tabla 26 Frecuencia de las características cualitativas de la flor	53
Tabla 27 Frecuencia para color y forma de la vaina	54
Tabla 28 Frecuencia para el color primario de la semilla de fréjol.	56
Tabla 29 Frecuencia para el color secundario y su distribución dentro de la semilla de fréjol	56
Tabla 30 Frecuencia para la forma de semilla de Fréjol	57
Tabla 31 Lista de accesiones por grupos definidos en la colección de germoplasma de fréjol de Imbabura	59
Tabla 32 Valores promedio para los caracteres cuantitativos de los tres grupos de fréjol	60

Tabla 33 Descriptores cualitativos discriminantes identificados en la colección de fréjol de Imbabura	62
Tabla 34 Características de los morfotipos pertenecientes al grupo 1	72
Tabla 35 Características de los morfotipos pertenecientes al grupo 2.....	74
Tabla 36 Características de los morfotipos pertenecientes al grupo 3.....	77
Tabla 37 Materiales promisorios para el cantón de Cotacachi	80
Tabla 38 Variables cuantitativas ecogeográficas del cultivo de fréjol en la zona norte del Ecuador	82
Tabla 39 Variables geofísicas del cultivo de fréjol en la zona norte del Ecuador.....	84
Tabla 40 Variables cualitativas ecogeográficas del cultivo de fréjol en la zona norte del Ecuador	84
Tabla 41 Variables Cuantitativas ecogeográficas más representativas para grupos conformados.....	87
Tabla 42 Variables cualitativas ecogeográficas más representativas para grupos conformados.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hoja de una planta de fréjol con sus partes.....	9
Figura 2. Flor de una planta de fréjol.....	10
Figura 3. Semillas de fréjol.....	10
Figura 4. Mapa de ubicación del área de estudio.....	18
Figura 5. Longitud del tallo principal de la planta de fréjol	23
Figura 6. Hoja de Fréjol: ab=longitud; cd=ancho.....	24
Figura 7. Característica de la vaina en el cultivo de fréjol	25
Figura 8. Hábitos de crecimiento de la planta de fréjol.....	27
Figura 9. Formas de la vaina del cultivo de fréjol	29
Figura 10. Formas de la semilla del cultivo de fréjol	30
Figura 11. Enfermedad del cultivo de fréjol roya (<i>Uromyces appendiculatus</i> F.).....	32
Figura 12. Lesiones características de antracnosis (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i> S.) en vainas	32
Figura 13. Hojas amarillentas y lesiones angulares en hojas inferiores mancha angular (<i>Pseudocercospora griseola</i> (Sacc.)	33
Figura 14. Bacteriosis común (<i>Xanthomonas campestris</i> D.)	34
Figura 15. Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> G.).....	35
Figura 16. Áfidos Pulgones (<i>Aphidinae</i> L.).....	36
Figura 17. Lorito verde (<i>Empoasca kraemeri</i> Ross y More)	36
Figura 18. Gusano o Picudo de la vaina (<i>Apion godmani</i> W.).....	37
Figura 19. Delimitación y preparación del terreno	38
Figura 20. Trazado de parcelas	38
Figura 21. Preparación del fertilizante requerido	39
Figura 22. Siembra de fréjol	39
Figura 23. Riego dentro de las parcelas	39
Figura 24. Limpieza de malezas	40
Figura 25. Controles fitosanitarios.....	40
Figura 26. Cosecha del fréjol.....	40
Figura 27. Área de estudio de la caracterización ecogeográfica.....	41
Figura 28. Herramientas de CAPFITOGEN versión 2.0	43
Figura 29. Hábitos de crecimiento presentes en la colección de fréjol.....	53

Figura 30. Colores de la flor presentes en la colección de fréjol.....	54
Figura 31. Colores de la vaina en su madurez fisiológica	55
Figura 32. Formas de la vaina presentes en la colección de fréjol.	55
Figura 33. Características de la semilla presentes en la colección de fréjol.	57
Figura 34. Dendrograma de las accesiones de fréjol evaluadas.	58
Figura 35 Porcentaje de colores de la flor más discriminantes de la colección de fréjol de Imbabura	63
Figura 36. Color de las alas de la flor presentes en la colección.	63
Figura 37. Porcentaje de colores del estandarte en la flor más discriminante de la colección de fréjol de	64
Figura 38. Colores predominantes del estandarte presentes en la colección de fréjol... ..	64
Figura 39. Porcentaje en que se presenta las formas de la vaina en el cultivo del fréjol	65
Figura 40. Forma de la vaina presente en la colección de fréjol.	65
Figura 41. Frecuencia del color principal de la semilla.....	66
Figura 42. Color principal de la semilla presentes en la colección de fréjol.	66
Figura 43. Frecuencia del color secundario en la semilla.....	67
Figura 44. Color secundario de la semilla de presentes en la colección de fréjol.	68
Figura 45. Frecuencia según la distribución del color secundario presentes en la colección de fréjol.	69
Figura 46. Distribución del color secundario de la semilla presentes en la colección de fréjol.....	69
Figura 47. Frecuencia según la forma de su semilla.....	70
Figura 48. Forma de la semilla presentes en la colección de fréjol	70
Figura 49. Dendrograma obtenido mediante el análisis de conglomerados para el grupo 1 en las accesiones de fréjol.....	71
Figura 50. Dendrograma obtenido mediante el análisis de conglomerados para el grupo 2 en las accesiones de fréjol.....	73
Figura 51. Dendrograma obtenido mediante el análisis de conglomerados para el grupo 3 en las accesiones de fréjol.....	76
Figura 52.Frecuencia absoluta de las categorías ELC en el cultivo de fréjol de la zona norte del país.....	81
Figura 53. Frecuencia de categorías ecogeográficas del cultivo de fréjol en la zona norte del Ecuador (Mapa ELC).....	82
Figura 54. Dendrograma obtenido a partir del análisis de conglomerados para las variables cualitativas y cuantitativas de 180 accesiones de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) mediante las distancias genéticas de Gower. según los datos geofísicos, edáficos y bioclimáticos.....	86

ANEXOS

Anexo 1 Datos Pasaporte de las accesiones de fréjol.....	99
Anexo 2 Frecuencia relativa de los tres grupos de accesiones presentes en la colección de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	100
Anexo 3 Accesiones procedentes del Banco de Germoplasma del INIAP.....	101

“CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES NATIVAS DE FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), PROCEDENTES DEL BANCO NACIONAL DE GERMOPLASMA DEL INIAP, EN EL CANTÓN COTACACHI PROVINCIA DE IMBABURA”

Autor: Edwin Tabango Méndez; Doris Chalampunte, María José Romero; Ima Sanchez
Universidad Técnica del Norte
Correo: eetabangom@utn.edu.ec

RESUMEN

La región andina es considerada como uno de los centros de domesticación y diversificación de plantas cultivadas, el fréjol es una de las leguminosas más sembradas en el planeta y posee una amplia diversidad genética. A través de la presente investigación se evaluaron 39 accesiones de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) procedentes de la colección nacional de germoplasma del INIAP; los materiales fueron ubicados en el sector de Turuco-Cotacachi. Se valoraron 12 variables cuantitativas y siete cualitativas. Los resultados permitieron determinar que el 79% de las accesiones presentaron hábito de crecimiento tipo voluble y el restante fue arbustivo. En cuanto a colores de la flor, el 64% de las accesiones presentaron flores color violeta, a nivel de semilla predominó el color marrón claro, seguido de semillas de color negro, blanco, rojo, entre otros. Dentro del conjunto existen formas diversas de la semilla, así la forma alargada ovoidea se presentó en un 36% de la colección; por su rendimiento (gramos por planta) destacan las accesiones Ecu-15412 y Ecu-15490 (hábito de crecimiento voluble), que presentaron productividad de 147.37 y 133.01 gramos por planta, además de los fréjoles tipo Mixturiado con rendimiento entre 120 y 232 gramos por planta. Por otra parte, mediante el uso de del mapa ELC conjuntamente con ayuda de variables ecogeográficas se identificaron 14 categorías en las cuales muestra que el cultivo de fréjol se adapta a alturas que van desde los 2096 msnm a 3307 msnm distribuyéndose así en toda la zona norte del país.

Palabras clave: Caracterización ecogeográfica, recursos fitogenéticos, variabilidad morfológica, seguridad alimentaria.

**“CHARACTERIZATION OF NATIVE BEAN VARIETIES (*Phaseolus vulgaris* L.)
FROM THE NATIONAL GERMOPLASM BANK OF INIAP, IN CANTON
COTACACHI, PROVINCE OF IMBABURA”**

Author: Edwin Tabango Méndez; Doris Chalampunte, María José Romero; Ima Sanchez
Universidad Técnica del Norte
Email: eetabangom@utn.edu.ec

ABSTRACT

The Andean region is considered one of the domestication and diversification centers of cultivated plants. Beans are one of the most widely planted legumes on the planet and have a wide genetic diversity. Through this research, 39 accessions of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from the INIAP national germplasm collection, were evaluated. The materials were located in the Turuco-Cotacachi sector. Twelve quantitative and seven qualitative variables were evaluated. The results allowed determining that 79% of the accessions showed a fickle type of growth habit and the rest was shrub. Regarding flower colors, 64% of the accessions had purple flowers. In the seed, the light brown color predominated, followed by black, white, and red seeds, among others. Within the set, there were different seed forms. The elongated ovoid shape was shown in 36% of the collection. The accessions Ecu-15412 and Ecu-15490 (fickle growth habit) stand out, with a productivity of 147.37 and 133.01 grams per plant. In addition the Mixed type beans reached yields between 120 and 232 grams per plant. On the other hand, through the use of the ELC map with ecogeographic variables, 14 categories were identified in which the bean cultivation has a greater adaptation, being found at heights ranging from 2096 to 3307 msnm, thus being distributed throughout the entire northern region of the country.

Keywords: Biodiversity, plant genetic resources, morphological variability, food safety

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1. 1 Antecedentes.

Ecuador forma parte de uno de los centros de domesticación y cuna de la agricultura mundial, aunque pequeño en superficie es reconocido como uno de los países megadiversos, su variedad geográfica, edáfica y ecológica, así también su diversidad cultural a permitido que disponga de una alta variedad de especies de plantas, entre las que constan especies relacionadas con la agricultura y la alimentación, a raíz de esto el país, es depositario de una gran agrobiodiversidad con alta jerarquía para la seguridad alimentaria de los pueblos de hoy y del futuro, Ministerio de Turismo (2014). Además de su diversidad biológica, junto con recursos fitogenéticos nativos representan elementos fundamentales del patrimonio cultural, los cuales fueron el alcance de los esfuerzos de generaciones de agricultores ecuatorianos (Tapia et al., 2011).

Las leguminosas se valoran en todo el mundo como una alternativa sostenible y menos costosa que la carne y se considera la segunda fuente de nutrientes más importante después de los cereales (Maphosa y Jideani, 2017). El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa de grano alimenticia de mayor importancia para el consumo humano, ocupa el octavo lugar entre las hortalizas más sembradas en el planeta. Para la población ecuatoriana, constituye una de las principales fuentes de proteína y carbohidratos (Torres et al., 2013). Los granos de las leguminosas contienen una buena proporción de proteínas, mayor que la de los cereales, y son una rica fuente de fibra dietética, almidón, minerales y vitaminas (Siddiq, Ravi, Harte y Dolan, 2010). Así para el cultivo de fréjol se han reportado altos contenidos de proteína (29-33%), grasas (3-7%) y cenizas (4-5%) (Granito, Guinand, Pérez, y Pérez, 2009).

El fréjol es una especie vegetativa de clima templado, se adapta de 10°C a 25° C, las especies adaptadas a zonas más cálidas tienen un período de alrededor de 90 días, mientras que los adecuados a zonas más frescas llegan a tenerlo hasta 250 días Walter (2005). Además, el fréjol es una leguminosa que mejora los suelos debido a las bacterias nitrificantes que se adhieren a las raíces (Gutiérrez y Quiñonez, 2011).

En el país el cultivo de fréjol se lo conoce en dos tipos: arbustivos y volubles, el primero (arbustivo) se produce en el valle de la sierra y en la región costa, son de período corto y están orientadas al sector comercial, el segundo (volubles) se cultiva a lo largo del callejón

interandino y se lo asocia principalmente con el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) o bajo el método de tutores, son tardíos y están destinados en su mayoría al autoconsumo, sin embargo, poseen gran diversidad y alta variabilidad genética (Peralta, Murillo, Calcedo, Pinzon y Rivera, 2005).

Según Basantes (2015) aunque existen 50 tipos de fréjol, los más buscados en el mercado son las variedades rojo moteado, canario, calima negro y blanco panamito, pero la variedad canario es conocido como el rey de los frejoles debido a su sabor y textura, a raíz de esto se busca la diversidad y para ello es necesario evaluar bajo criterios de caracterización a través de descriptores morfológicos que permiten medir dentro de una población como es la variabilidad genética, su producción, rendimiento entre otras características que favorezcan al mercado.

La caracterización de fréjol en la provincia de Cotopaxi Ecuador, tuvo como objetivo obtener información respecto a la producción, comercialización y rentabilidad del fréjol canario en la comunidad Panyatug, con la finalidad de conocer e informar a los productores las fortalezas y amenazas en esta actividad productiva (Torres et al., 2013).

En la clasificación e identificación de especies, razas y variedades vegetales, los rasgos morfológicos desempeñan un papel importante, los cuales son elementos básicos para conocer y medir la variabilidad genética dentro de una población (Meza, Lépiz, López, y Morales, 2015). Cada variedad existente de fréjol muestra características morfológicas que la identifican, además de exhibir similitudes en algunos rasgos. Los cambios morfológicos que ocurren durante el ciclo biológico de un cultivo sirven de base con las cuales se puede definir el manejo adecuado que se debe emplear, durante las etapas de crecimiento (Monar, Silva, Velasco y Guambuguete, 2014).

Actualmente el creciente cambio climático modifica los rangos ecológicos y geográficos donde se distribuye el fréjol y otros cultivos debido a que las variaciones térmicas a las que se encuentran expuesta una planta son fisiológicas, siendo los grados de temperatura los que determinan el tiempo de cada etapa fenológica del cultivo (Stephen y Donald, 2010).

Por ello cada vez que se considera los aspectos climáticos se hace evidente la demanda de conocimientos sobre la adaptabilidad de los cultivos considerando la diversidad genética y los mecanismos fisiológicos que desarrollan las plantas al exponerse a distintos tipos de ambientes donde se los plante (Beebe et al., 2011).

Los estudios eco-geográficos representan el proceso de recopilación de información de diversos tipos ya sea geográfica, ecológica y taxonómica la cual es necesaria para efectuar labores de recolección de germoplasma (Parra, 2011). En cuanto a la caracterización eco geográfica (Maxted et al ., 2010) mencionan que se lo puede realizar mediante la compilación de variables ambientales, como son: temperatura, precipitación, características del suelo, los cuales se los conoce como descriptores ecológicos, semejante a una caracterización morfo-agronómica, bioquímica o genética.

Dentro de la caracterización eco-geográfica, se abordan distintas variables con las que se puede trabajar, datos de precipitación, temperatura, características de los suelos, a los cuales se los conoce como descriptores ecológicos (Parra, Draper, Torres, e Iriando, 2008). El aspecto adaptativo del germoplasma fue considerado desde el inicio de la definición de recursos genético vegetal a inicios de los años 70, pasando a segundo plano hasta inicios de los años 90 cuando definieron el término como, combinación de datos climáticos, ecológicos y geográficos (Parra, 2011).

En el país Naranjo et al., (2018) en su investigación de caracterización eco geográfica de tres especies de tubérculos andinos, definieron 22 categorías adaptativas para *Ullucus tuberosus* Caldas (melloco), y 18 para *Oxalis tuberosa* Molina (oca) y *Tropaeolum tuberosum* Ruiz (Mashua). Con el apoyo de herramientas informáticas como es el caso de ELC mapas y ENGEO del programa CAPFITOGEN, el cual realiza análisis de la información ambiental de la zona donde crece un individuo o una población vegetal. Directamente se relaciona con procesos de adaptación al entorno biótico o abiótico con el objetivo de evaluar las características del sitio de recolección, identificar rangos climáticos y ecosistemas favorables o marginales para el cultivo (Parra, López, Torres e Iriando, 2015).

Esta investigación es parte del proyecto; Fortalecimiento de las comunidades Indígenas de Cotacachi-Ecuador en la conservación y uso de RFAA como mecanismo para la distribución justa y equitativa de los beneficios, en conjunto con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Unión de Organizaciones Campesinas Indígenas de Cotacachi (UNORCAC) y la Universidad Técnica del Norte, conjuntamente con la caracterización morfoagronómica y eco-geográfica se pretende identificar la variabilidad del cultivo de fréjol en el cantón y áreas estratégicas de conservación. En el marco del proyecto del Fondo de distribución de Beneficios “PR-268-Ecuador” que ha sido financiado por el Tratado Internacional de la FAO. Las opiniones expresadas en este documento son las del autor y no reflejan necesariamente las opiniones o políticas de la FAO.

1.2 Problema

La biodiversidad de la agricultura en el cantón Cotacachi comprende entre cultivos nativos y variedades locales, las cuales en su mayoría son manejados en huertos caseros o tierras que los campesinos heredan de sus familias. Al pasar el tiempo estas variedades locales han sido desplazadas por variedades mejoradas o variedades que se adaptan mejor al mercado actual lo que provoca una erosión genética de la agrobiodiversidad.

Sin embargo, a pesar que existen buenas propuestas para mejorar la producción de fréjol mediante la siembra de semillas mejoradas, Tapia y Mayorga (2015) afirman que muchos productores optan por semillas criollas, ya que han sido utilizadas tradicionalmente por muchos años en sus parcelas, debido a sus precios y su fácil adquisición en los mercados.

La protección e investigación del uso de los recursos fitogenéticos solo es factible cuando se conocen sus características y posibles usos, en consecuencia, la información que permite identificar el germoplasma y decretar su beneficio proviene de procesos que incluyen la obtención y análisis de un conjunto de datos en diversas etapas fenológicas del cultivo.

A esto la conservación del material genético en las parcelas de los agricultores refleja una baja viabilidad debido a que en ciertos casos no se toman en cuenta aspectos edafoclimáticos como temperaturas, altitud, precipitaciones, materia orgánica, pH, debido a que no se posee un mapa el cual nos refleje los sitios designados para la conservación. En consecuencia, la escasa información no permite orientar al adecuado manejo y conservación del cultivo.

Dado el tiempo de conservación del material genético proporcionado por el Banco Nacional de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria (INIAP) referente al cultivo de fréjol, se desconoce todo su potencial agroalimentario, en este sentido las técnicas de caracterización de germoplasma son indispensables para conocer los recursos fitogenéticos.

1.3 Justificación.

En el pasado, los programas de mejoramiento genético del fréjol se enfocaban en la obtención y producción de materiales con buenas características agronómicas, como alto rendimiento por hectárea, resistencia a diferentes condiciones ambientales y patógenos, que sean de ciclo vegetativo corto además de uniformidad en la planta y grano (Carmona, 2014).

La combinación de información agronómica y el empleo de los sistemas de información geográfica en ramas como la agricultura brindan soporte para aumentar la eficiencia de las tareas de cultivos, además ayudará tanto a agricultores como a técnicos en la elección de

especies que se pueden adaptar a ciertas condiciones ambientales generando así una disminución de costos (McCouch, Baute, y Zamir, 2013).

El tema de caracterización es un eje importante dentro del proceso de investigación debido a que es un factor decisivo en la solución de problemas actuales y futuros conectados al adelanto de nuevas alternativas, dirigidas a la obtención y producción de variedades vegetales mediante la utilización de métodos tradicionales o biotecnológicos (Piedra, Tapia, Estrella y Morillo, 2002).

Al caracterizar variedades de cultivos obtenemos factores significativos en la solución de varios problemas conectados con la productividad, la caracterización del fréjol permitirá extender los conocimientos de la variabilidad genética, facilitando así la identificación de materiales promisorios con características adaptables al mercado como es la productividad, hábito de crecimiento, adaptabilidad, resistencia a plagas y enfermedades, además de que estos materiales sean útiles para los programas de mejoramiento con la finalidad de reintroducir a zonas agrícolas y diversificar parcelas productivas

La presente investigación permitirá la reintroducción de material genético en las chacras del pequeño agricultor para conseguir su conservación, con las mejores características productivas, junto a esto brindar información de apoyo para futuros programas de investigación en el tema de selección de especies y mejoramiento genético.

Conjuntamente, la caracterización eco geográfica en el cultivo de fréjol permitirá identificar categorías que establezcan rangos adaptativos para cultivo mediante mapas, los cuales mostrarán escenarios adecuados de conservación, permitiendo ampliar la agrobiodiversidad y la reintroducción de material genético a la zona (McCouch et al., 2013).

La finalidad del proyecto; Fortalecimiento de las comunidades Indígenas de Cotacachi-Ecuador en la conservación y uso de RFAA como mecanismo para la distribución justa y equitativa de los beneficios, en conjunto con las instituciones INIAP, UNORCAC, y la Universidad Técnica del Norte, está relacionado con la evaluación y caracterización de germoplasma de accesiones procedentes del Banco de Germoplasma del INIAP, cuyo material tuvo un tiempo de conservación de aproximadamente 10 años con la finalidad de realizar un refrescamiento en campo. Para así de obtener información relevante y útil en cuanto a su viabilidad, desarrollo, adaptabilidad, asumiendo factores de cambio climático como la precipitación y temperaturas dentro de la zona de estudio.

Además de rescatar la diversidad local, buscar redistribuir el material genético a los agricultores de Cotacachi de tal forma que se promueva la seguridad y soberanía alimentaria de las localidades siendo una estrategia más de conservación.

El estudio eco-geográfico resulta de gran utilidad para identificar zonas adecuadas para el cultivo de fréjol en el Ecuador con la intención de conocer los rangos eco-geográficos que mejor se adapten a dichos cultivos con la finalidad de buscar su reproducción y conservación en el medio.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo General

Caracterizar variedades nativas de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) procedentes del Banco de Germoplasma del INIAP, en el cantón Cotacachi.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Evaluar 39 accesiones de fréjol, mediante el uso de descriptores morfo-agronómicos.
- Identificar materiales promisorios relacionados con variables agronómicas.
- Analizar bajo parámetros eco-geográficos los sitios de concentración de la variabilidad de fréjol en la zona norte del Ecuador.

1.5 Hipótesis

La información relevante sobre las variables agronómicas del cultivo de fréjol tiene como finalidad de que el agricultor obtengan un adecuado manejo agronómico del cultivo que le permita elevar su producción.

- Ha: la caracterización morfo-agronómica y eco-geográfica permite verificar la variabilidad de fréjol existente en Imbabura.
- Ho: La caracterización morfo-agronómica y eco-geográfica no permite verificar la variabilidad de fréjol existente en Imbabura.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 Importancia del fréjol en el Ecuador.

Dentro del grupo de leguminosas de grano comestible, que se encuentran distribuidos dentro de los cinco continentes, el fréjol ocupa un lugar importante, además que es un componente esencial de la dieta de la población, especialmente en Centroamérica y Sudamérica (Ulloa, Rangel, Ramírez y Ulloa, 2011).

En el Ecuador, en la región Sierra las leguminosas son componentes de los sistemas de producción, esta especie es cultivada en asociación o en monocultivos, por tal atribución es importante en el manejo sostenible de la agricultura y la alimentación, por lo que genera ingresos económicos por medio de empleo a pequeños, medianos y grandes agricultores los cuales tratan de cubrir la demanda interna y externa, este cultivo es elemento fundamental de la dieta alimentaria para la población y su número de oferta a nivel mundial es de 57% referente a las leguminosas (Monteros, Tacan, Tapia, Paredes, y Lima, 2018).

Según el Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA] (2017) a nivel nacional la cifra de hectáreas sembradas de fréjol comprende una media de 53.08 ha. Los factores que afectan al rendimiento y reducen la producción son: la sequía, el ataque de plagas y enfermedades, acceso al riego por parte del agricultor y el indebido uso en fertilizantes y pesticidas (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria [INIAP], 2010).

Según SIPA (2017) en el país la superficie plantada de fréjol tierno (vaina) es de 18 613 ha y fréjol seco (grano) es de 34 469 ha. Además, que dentro de la vida de los agricultores existen costumbres ancestrales, una de ellas es la de cultivar fréjol voluble asociado principalmente con maíz a diferencia del arbustivo que lo realizan a modo de monocultivo.

2.2 Origen y distribución del fréjol

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es originario de América Latina, se mencionan dos centros de origen geográficos, Mesoamérica y los Andes. Hace aproximadamente 8.000 años en las localidades de México y América del Sur se lo domesticó de manera independiente (Hernández, Vargas, Muruaga, Hernández y Mayek, 2013). El género *Phaseolus* contiene cinco especies domesticadas; *P. vulgaris* L. (fréjol común), *P. lunatus* L. (fréjol lima), *P. acutifolius* A. (fréjol tépari), *P. coccineus* L. (Fréjol ayacote) y *P. dumosus* L. (fréjol de año o gordo) (Rendon -Anaya, Herrera- Estrella, Gepts y Delgado- Salinas, 2017).

Se desarrolla en climas cálidos y templados, bajo escenarios ecológicas muy variables como precipitación, temperatura, humedades relativas, todas estas variables, tienen como consecuencia la selección y desarrollo de un gran conjunto de genotipos cultivados con características muy diferentes (Fonseca, 2009).

2.3 Contenido nutricional y usos

En el Ecuador, es una de las principales fuentes de proteína y carbohidratos para la población urbana y rural, especialmente para las familias de escasos recursos económicos que no pueden acceder fácilmente a proteína de origen animal, mundialmente el fréjol es una especie alimenticia de alto valor dentro de los países en desarrollo debido a que este cultivo es acreditado como “la carne de los pobres”, la cual conjuntamente tiene un significativo rubro en la economía de los pequeños agricultores (Guato, 2015).

Constituye una de las principales fuentes nutricionales por el contenido de proteína 22-25%, hierro vegetal, fibra, ácido fólico, tiamina, potasio, magnesio, zinc y carbohidratos para la población urbana y rural, principalmente para las familias de escasos recursos económicos, que no pueden acceder cómodamente a fuentes proteicas de origen animal por su alto costo (Ulloa et al., 2011).

2.4 Descripción Taxonómica.

Zimmerman, 1988 citado por Hernán (2013) menciona la siguiente clasificación taxonómica para el cultivo de fréjol.

- Reino: Plantae
- División: Magnoliofitas
- Clase: Magnoliopsida (Dicotiledónea)
- Orden: Fabales
- Familia: Papilionaceae (Leguminosas)
- Género: *Phaseolus*
- Especie: *Phaseolus vulgaris*
- Nombre científico: *Phaseolus vulgaris* L.

2.5 Descripción Botánica del fréjol.

a) Raíz

Según Tutiven (2016) en los primeros estados de desarrollo, el sistema está formado por la radícula, la misma que formara la raíz principal pivotante y que puede llegar a medir alrededor de 1.95m de profundidad. Contiene ramificaciones laterales en distintos grados,

con forma poliédrica con un diámetro aproximado de 2 a 5 milímetros las cuales pueden alcanzar longitudes de hasta 1.40 m. Por ende, hace que las plantas puedan tener un excelente desarrollo, gracias a su capacidad de absorber cantidades de agua y nutrientes, además de estar colonizados por bacterias del género *Rhizobium*, que fijan nitrógeno atmosférico al suelo.

b) Tallo

Investigaciones realizadas por el INIAP indican que el tallo puede alcanzar alturas de 0.40 m hasta 2 m dependiendo de la variedad y el sector donde se lo cultive, Goyes (2014) el tallo es herbáceo o arbustivo, levemente angular y puede ser erecto, postrado o semipostrado, se origina del meristemo apical del embrión (semilla). Al inicio del ciclo reproductivo, tiene una terminación de inflorescencia cuyas inserciones se desarrollan primero en la flor y luego la vaina (Carrera, 2012).

c) Hojas

Las hojas del fréjol son de dos tipos, simples y compuestas, están insertadas en los nudos del tallo y las ramas, las hojas primarias son unifoliadas y crecen de manera opuesta y las hojas verdaderas son trifoliadas, la forma de los folíolos puede ser lineal, lanceolada u ovalada, la disposición de las hojas es de tipo plano en las variedades cultivadas y erectas en las variedades silvestres (Albán, 2012) (Figura 1).

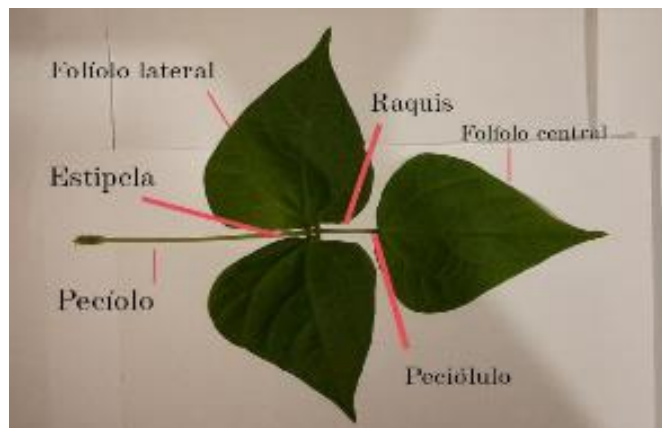


Figura 1. Hoja de una planta de fréjol con sus partes.

d) Flores

El primer tallo floral se origina en la axila, entre las hojas y el tallo, se desarrolla en la porción media de las plantas, la floración progresa tanto para la parte alta como hacia la parte baja, las flores se muestran en pequeños racimos y dependiendo de la variedad logran obtener sus características distintivas como: su color forma entre otras. Presentan cinco pétalos los cuales

poseen nombres específicos, un estandarte dos alas y dos pétalos soldados que forman la quilla (Albán, 2012) (Figura 2).

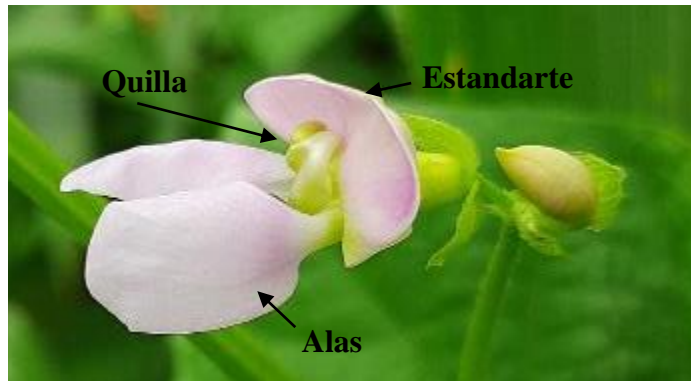


Figura 2. Flor de una planta de fréjol.

e) Fruto (semilla)

Es una vaina lineal o encorvada que alcanza un tamaño de 10 a 25cm, de longitud y de 1.5 a 3.2 cm de diámetro, el contenido de granos por vaina es aproximadamente de 6 a 21 granos, la vaina puede tomar características diferentes esto se da por las variedades de fréjol existentes, por su forma las vainas pueden ser derechas o presentar cierto grado de curvatura (Albán, 2012) (Figura 3).



Figura 3. Semillas de fréjol.

f) Hábito de crecimiento

El hábito de crecimiento está determinado por el genotipo e influenciado por los factores ambientales (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 1993). El crecimiento se puede agrupar en los siguientes tipos, arbustivo determinado, arbustivo indeterminado, postrado Indeterminado, trepador indeterminado (Tabla 1).

Tabla 1

Hábitos de crecimiento de la planta de fréjol

Hábito	Características
Arbustivo	Tallo y ramas fuertes y erectos
Determinado	Tallo y ramas débiles.
Arbustivo indeterminado	Con tallo y ramas erectos. con guías cortas o más o menos largas
Postrado indeterminado	Con guías y habilidad para trepar Con tallo y ramas débiles rastreras. Guías cortas sin habilidad para trepar. Guías largas con capacidad para trepar.
Trepador indeterminado	Con tallo y ramas débiles, largas y torcidas. Vainas distribuidas por toda la planta. Vainas concentradas en la parte superior de la planta.

Fuente: CIAT (1993)

2.6 Variedades mejoradas.**a) Mejoramiento genético**

El programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos del INIAP desde el año de 1992 ha aportado en el tema de mejoramiento genético en cultivos transitorios uno de estos cultivos es de fréjol haciendo énfasis en lo que es producción, entregado a los productores del país, variedades mejoradas de fréjol (Tabla 2). Enfocado más en las zonas frejoleras del país como son los valles del Chota, Urcuqui, Intag, Mira (Imbabura y Carchi) y para zonas productoras de Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja (Peralta, Murillo, Mazón, Rodríguez, 2014). Las variedades generadas por el INIAP, son mejoradas mediante métodos convencionales como el cruzamiento y selección.

Tabla 2

Variedades mejoradas de fréjol presentes en la colección del INIAP

Código	Nombre	Año	Características
INIAP 484	Centenario	2006	Tipo arbustivo sin guía, grano grande de color rojo con crema (moteado), forma arriñonada, resistente a roya, mancha angular, antracnosis.
INIAP 483	Intag	2011	Tipo arbustivo sin guía, grano grande color morado con crema (moteado), forma arriñonada, resistente a mancha angular, roya, antracnosis y pudrición de raíz.
INIAP 482	Afro andino	2011	Tipo arbustivo con guía, grano pequeño de color negro, forma ovalada, resistente a la antracnosis y producción de raíz, susceptible a roya.
INIAP 481	Rojo del Valle	2012	Tipo arbustivo indeterminado con guía pequeña grano grande de color rojo moteado con crema, forma arriñonada, resistente a roya y pudrición de raíz.
INIAP 480	Rocha	2009	Tipo arbustivo sin guía. Grano grande de color amarillo, resistente a roya y antracnosis.

INIAP 430	Portilla	2009	Tipo arbustivo sin guía, grano grande de color rojo moteado, resistencia genética a antracnosis y roya.
INIAP 429	Paragachi Andino	2009	Tipo arbustivo con guía, de grano grande de color rojo moteado, resistencia genética a antracnosis, roya y mancha angular.
INIAP 428	Canario Guarandéno	2007	Tipo arbustivo sin guía, grano grande amarillo. Resistencia a roya, antracnosis, ascoquita y añubo de halo.
INIAP 427	Libertador	2007	Tipo arbustivo con guía, grano grande de color rojo moteado, resistencia genética a roya, antracnosis y añubo blanco.

Fuente: Peralta et al. (2014)

2.7 Condiciones de clima y suelo para la siembra

El cultivo de fréjol se lo encuentra desde una altitud de 1400 m.s.n.m con una temperatura de 15 °C a 30°C, con una acumulación en la precipitación durante el ciclo del cultivo de 1000 a 1500 mm/año y el suelo agrícola que requiere el fréjol son de texturas ligeras, francos arenosos a franco limosa con pH comprendido entre 5.5 a 7.5 para su buen desarrollo (Atilio y Reyes, 2008).

2.8 Ciclo del cultivo.

El ciclo de cultivo dependerá de la zona en cual se lo cultiva además de la variedad que se desee cultivar. El fréjol en tierno cumple un ciclo 80 a 90 días en valles y estribaciones, el fréjol en seco regularmente su ciclo es 110 a 115 días en valles y estribaciones y de 150 a 165 días en Guaranda, Bolívar (Monar et al., 2014).

2.9 Etapas fenológicas del cultivo de fréjol.

El fréjol pertenece a la familia Papilionaceae estas leguminosas poseen dos etapas durante su cultivo. La vegetativa comprende desde la germinación hasta la floración y la reproductiva comprende desde la formación de las vainas hasta la maduración de vainas y cosecha (Tabla 3).

Tabla 3
Etapas fenológicas del cultivo de fréjol

Fase	Código	Nombre	Evento en que se inicia cada etapa
Vegetativa	V0	Germinación	La semilla está en condiciones favorables para su germinación
	V1	Emergencia	Los cotiledones del 50% de las plantas aparecen a nivel del suelo
	V2	Hojas primarias	Las hojas primarias del 50% de las plantas están desplegada
	V3	Primera hoja trifoliada	La primera hoja trifoliada del 50% de las plantas está desplegada.
	V4	Tercera hoja trifoliada	La tercera hoja trifoliada del 50% de las plantas está desplegada.

Reproductiva	R5	Prefloración	Los primeros botones o racimos han aparecido el 50% de las plantas
	R6	Floración	Se han abierto la primera flor en el 50% de las plantas
	R7	Formación de las vainas	Al marchitarse la corola, en el 50% de las plantas aparece por lo menos una vaina
	R8	llenado de las vainas	Llenado de semilla en la primera vaina en el 50% de la planta
	R9	Maduración	Cambio de color en por lo menos una vaina en el 50% de las plantas

Fuente: CIAT (1986)

2.10 Plagas y enfermedades del cultivo

Al hablar de plagas o enfermedades nos referimos a las anomalías que se presentan dentro del crecimiento las cuales son causados por patógenos, refiriéndonos así a hongos, bacterias, virus. Los cuales afectan la producción del frejol, ya que atacan todos los órganos y etapas de desarrollo, producción e incluso almacenamiento (Jiménez, 2009).

Las principales plagas y enfermedades del fréjol son:

Plagas:

- Mosca blanca (*Bemisia tabaci* G.)
- Lorito verde (*Empoasca kraemeri* R.M.)
- Barrenador de la vaina (*Epinotia aporema* L.)

Enfermedades

- Roya (*Uromyces appendiculatus* F.)
- Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum* S.)
- Mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris)
- Insectos de granos almacenados: Gorgojo común del fréjol, (*Acanthoscelides obtectus* S. y *Zabrotes subfasciatus* B.).

2.11 Caracterización y evaluación de germoplasma.

La caracterización y evaluación de germoplasma son actividades complementarias que consiste en detallar los atributos cualitativos y cuantitativos de las accesiones de unas mismas especies, como son el crecimiento, la altura, color, las cuales forman parte de las características de alta heredabilidad con lo cual se logra diferenciación en cuanto a utilidad, estructura, viabilidad genética y relaciones entre individuos (Jaramillo y Baena, 2000).

2.12 Descriptores.

Un descriptor corresponde a una característica que es fácil de medir, registrar o evaluar, y se refiere a la estructura, forma o comportamiento de un germoplasma. Los descriptores se pueden utilizar para caracterizar y evaluar la diferenciación de características y las expresiones de atributos de manera precisa y unificada, facilitando así la expresión de datos. (Franco e Hidalgo, 2010).

2.12.1 Tipos de descriptores.

Los tipos de descriptores usados en la caracterización de especies vegetales son los siguientes:

- **De pasaporte:** proporciona toda la información básica necesaria para el manejo general de la accesión evaluada incluyendo el registro en el Banco Nacional de Germoplasma y cualquier otra información además de describir todos los parámetros de la recolección de una accesión original.
- **De manejo:** este descriptor suministra las bases necesarias para el manejo de las accesiones en el banco de germoplasma con la finalidad de ayudar a su multiplicación, cantidad de semillas disponibles y porcentaje de viabilidad.
- **Del sitio y el medio ambiente:** se describen parámetros específicos del sitio o del ambiente cuyas características son importantes para la caracterización y evaluación.
- **De caracterización:** permite la discriminación entre fenotipos de caracteres altamente heredables, por ejemplo: colores, formas, de tallo, hojas, semillas.
- **De evaluación:** la mayoría de descriptores dependen del medio ambiente y en consecuencia es necesario métodos experimentales para su evaluación, dentro de las cuales incluyen características como rendimiento, productividad agroquímica, susceptibles a estrés y caracteres bioquímicos y citológicos.

2.13 Ecogeografía.

Se basa en el estudio del escenario adaptativo de un individuo, población o especie, mediante el análisis de los factores bióticos y abióticos que condicionan su supervivencia la cual se fundamenta en la siguiente fórmula: Fenotipo (producto de los genes modelados por el ambiente objeto final de la mejora) = Genotipo (Información heredada y heredable) + Ambiente + Interacción genotipo x ambiente (Efecto de los genes y sus productos, puede tener tanto peso que condiciona la aparición o no de genotipos) (Parra, 2013).

La caracterización eco-geográfica permitió analizar la información ambiental del sitio donde crece un individuo vegetal, el cual está relacionado con el proceso de adaptación al entorno biótico y abiótico asumiendo factores:

- **Climático:** referencia a factores de temperatura y precipitación.
- **Geofísicos:** agrupa los factores topográficos y de relieve.
- **Edáfico:** relacionado con las condiciones físicas o químicas del suelo

La eco-geografía busca la evaluación de los sitios de colecta identificando rangos altitudinales, climáticos y condiciones edáficas favorables para los cultivos.

2.13.1 Software CAPFITOGEN 2.0.

Es un software enfocado en el desarrollo de tecnologías apropiadas para países con abundante Agrobiodiversidad y limitados recursos económicos que comprende el uso de componentes bioclimáticos, temperatura, precipitación y edáficos pH, tipo de suelo, % de carbón orgánico profundidad y pendiente, esta información es depurada con ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG) (Parra-Quijano, 2015).

2.13.1.1 Herramientas CAPFITOGEN 2.0.

Conjunto de herramientas cuyo manejo y análisis son en base a la georreferenciación para análisis de datos especialmente referenciados, incluyendo la cartografía, teledetección, procesamiento de datos, matemática y estadística convirtiendo a los SIG en una herramienta de gran utilidad (Parra-Quijano, 2015). Las herramientas que conforman el SIG son:

- **Test Table:** Herramienta auxiliar de comprobación de posibles errores como son celdas en blanco o celdas fantasmas, en base a datos predispuestos en tablas que serán utilizadas por el resto de interfaces.
- **GEOQUAL:** Realiza una evaluación de calidad (validación) de la Georeferenciación de los datos de pasaporte útil para el descarte de presencias o sitios de recolección con deficiencias en la asignación de coordenadas con una opción de rangos de 0 a 100.
- **SELECVAR:** El usuario dispone hasta 103 variables eco geográficas (bioclimáticas, edáficas y geofísicas) disponibles
- **ELC mapas.** Permite obtener mapas de caracterización eco geográfico del terreno (ELC) que reflejan escenarios adaptativos para una especie.

- **ECOGEO.** Permite realizar una caracterización eco geográfica de los sitios de recolección del germoplasma. Basado en las variables (bioclimáticas, edáficas y geofísicas).

2.14 Estrategias de conservación

Según la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, 2015) la conservación de recursos fitogenéticos juega un papel importante en la seguridad alimentaria y el desarrollo en el mundo. Debido a que sustenta la capacidad de la agricultura al responder cambios, ya sean de tipo ambiental o socioeconómico. Además, que la diversidad fitogenética también puede proporcionar rasgos que contribuyan a futuros desafíos, para esto se utiliza dos tipos de conservación:

- Conservación *In-Situ*.

Estrategias de manipulación con la finalidad de brindar protección y mantenimiento de la biodiversidad de recursos genéticos en su entorno natural, en el cual ocurren los procesos evolutivos que determinen su diversificación como las áreas naturales. Esto en el tema de los recursos forestales maderables y no maderables, los medios pesqueros, fauna sujeta a caza o recolección y los campos agrícolas. Al mismo tiempo las unidades de producción rural que los manejan y que guían los procesos de domesticación (Casas, 2016).

- Conservación *Ex- Situ*.

Consiste en el sostenimiento de algunos componentes de la biodiversidad al exterior de sus hábitats naturales, es considerada un complemento para la conservación de especies y recursos genéticos *in situ*. Las estrategias ex situ se llevan a cabo fuera de estos contextos evolutivos e incluyen, banco de germoplasma usando técnicas de crio-conservación de semillas a bajas temperaturas, colección de propágulos vegetativos, cultivos de tejido in vitro, jardines botánicos y zoológicos (Carmona, 2014).

2.15. Marco legal

La presente investigación está inmersa en las leyes y artículos que rigen al Estado Ecuatoriano, según la Constitución Política 2008 en el Art. 71 se establece los derechos de la naturaleza y a través de la cual se estableció el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021- Toda una Vida, en donde se encuentra el objetivo 3 “Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones” que tiene como finalidad establecer prácticas responsables con el medio ambiente y reducir el impacto ambiental ocasionado por las labores agrícolas y pecuarias. Con la finalidad de crear un manejo responsable del patrimonio natural y de los recursos naturales no renovables.

La Asamblea Nacional promulgó la Ley Orgánica de la Soberanía Alimentaria, en la que se refiere en el Título III, Capítulo I sobre el fomento a la producción en el Art. 14, que señala el fortalecer la diversificación de la producción agroecológica, orgánica y sustentable agropecuaria, como bien se conoce la semilla forma parte de un valioso capital económico además de simbólico para varios grupos en nuestra población, es así que se inicia el retorno de semillas de frejol provenientes del Banco de Germoplasma del INIAP, con una conservación de aproximadamente 10 años, las cuales será evaluadas dentro del Cantón Cotacachi, con la finalidad de conservar, mantener y recuperar las especies con las que los antiguos agricultores trabajaban garantizando así una alimentación sana para futuras generaciones.

CAPITULO III.

MARCO METODOLÓGICO

Esta investigación consta de dos fases: la primera fase descriptiva corresponde en caracterización morfo-agronómica y se la efectuó a nivel de campo en el “Jardín Etnobotánico” de la provincia de Imbabura en el cantón Cotacachi, presente en la comunidad de Turuco y la segunda etapa corresponde en el análisis de la caracterización eco-geográfica con el empleo del software CAPFITOGEN 2.0

3.1 Caracterización morfológica

3.1.1. Área de estudio

La presente investigación se realizó en el Jardín Etnobotánico (Figura 4) el cual está ubicado dentro del cantón Cotacachi en la comunidad de Turuco, perteneciente a la Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi (UNORCAC) lugar donde se encuentran diversidad de plantas de uso de la comunidad (Tabla 4).

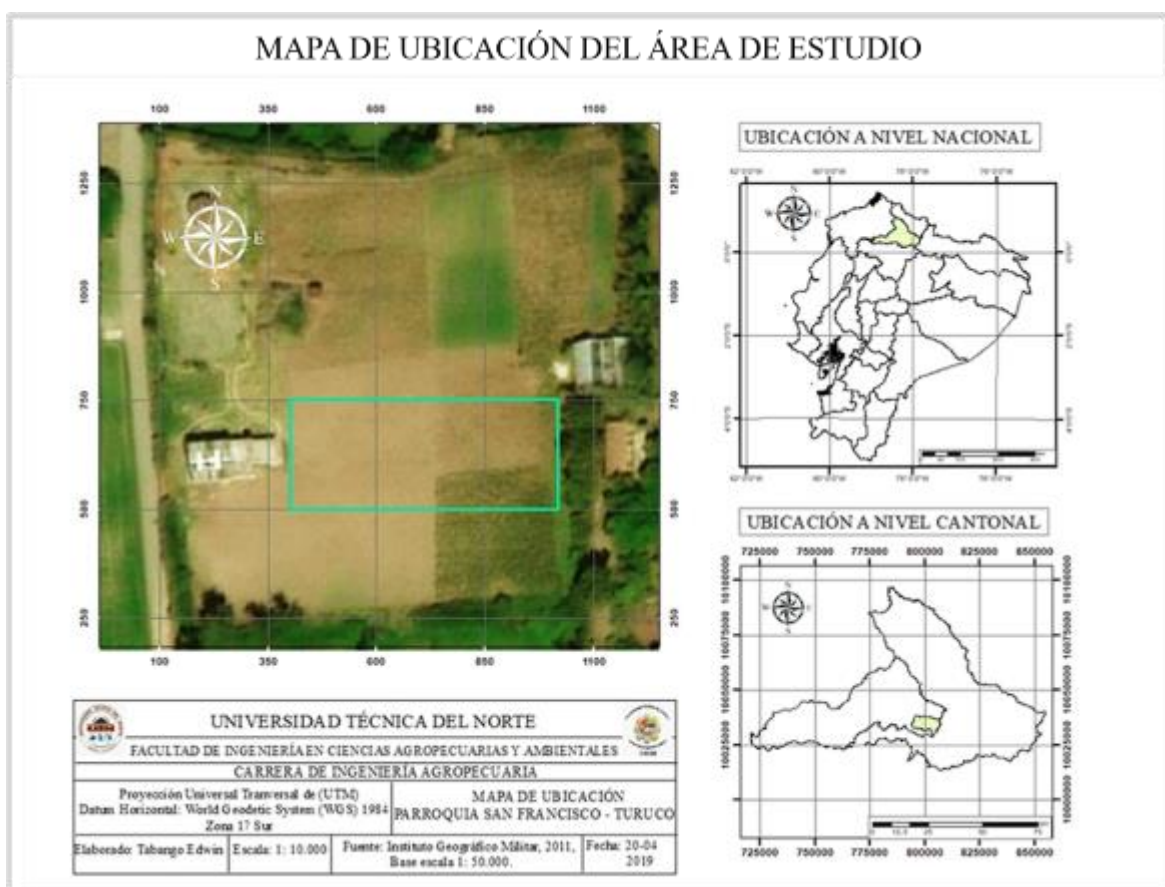


Figura 4. Mapa de ubicación del área de estudio

Tabla 4

Datos de ubicación del área de estudio

Características del área de estudio	
Ubicación	“Jardín Etnobotánico de la comunidad Turuco”
Cantón	Santa Ana de Cotacachi
Parroquia	San Francisco
Provincia	Imbabura
Altitud	2350 m.s.n.m
Latitud	0°17'57.7" Norte
Longitud	78°16'34.7" Oeste

Fuente: Instituto Geográfico Militar (2017)

3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas.

a) Material Genético

En la actual investigación se emplearon 39 accesiones de fréjol, procedentes de distintas zonas de la provincia de Imbabura, las cuales han sido conservadas en el Banco Nacional de Germoplasma del INIAP. Con un tiempo aproximado de conservación de 10 años. Las accesiones fueron colectadas en altitudes comprendidas entre los rangos de 1700 y 2500 msnm.

b) Materiales de Campo y Oficina

- **Campo:** cinta métrica, estacas, piola, azadón, pala, tubos, alambre, palos (tutoreo), bomba de riego, bomba de fumigar, botas, letreros de identificación, tabla de colores.
- **Oficina:** computadora, impresora, flash memory, hojas de papel bond, calculadora, libreta de registro, material bibliográfico, cámara fotográfica.
- **Insumos:** materia orgánica, micro y macro elementos, reguladores de pH.

3.3 Métodos.

Fase 1: Caracterización morfoagronómica

3.3.1 Factor en estudio

Dentro de la investigación el factor en estudio está compuesto por las 39 accesiones de fréjol procedentes del Banco de Germoplasma del INIAP. Los datos pasaportes se detallan en la (Tabla 5).

Tabla 5

Datos pasaporte de los sitios de colecta de las 39 accesiones de fréjol.

Datos pasaporte de las accesiones					
Accesión	Cantón	Localidad	Altitud	Latitud	Longitud
Ecu-15516	Cotacachi	Anrabí	2520	0°17'68''N	78°16'873''W
Ecu-15501	Cotacachi	Chilcapamba	2600	0°17'55''N	78°17'857''W
Ecu-15413	Cotacachi	Anrabí	2550	0°17'91''N	78°17'181''W
Ecu-15416	Ibarra	San Antonio	2840	0°16'35''N	78°19'552''W
Ecu-15557	Ibarra	Ambí	2440	0°21'15''N	78°14'389''W
Ecu-15510	Ibarra	Ambí	2440	0°21'15''N	78°14'389''W
Ecu-15527	Cotacachi	Turuco	2600	0°17'82''N	78°16'739''W
Yana Vaca	Ibarra	San Pedro	2450	0°19'45''N	78°16'978''W
Yura Pintado	Cotacachi	El cercado	2400	0°20'00''N	78°16'502''W
Ecu-15401	Cotacachi	Morochos	2750	0°17'62''N	78°18'17''W
Ecu-15507	Cotacachi	Morochos	2750	0°17'62''N	78°18'17''W
Ecu-15506	Cotacachi	Chilcapamba	2000	0°17'50''N	78°17'741''W
Ecu-15412	Cotacachi	San Antonio Punge	2710	0°16'11''N	78°18'578''W
Ecu-15504	Cotacachi	Chilcapamba	2600	0°17'50''N	78°17'741''W
Ecu-15524	Cotacachi	Topo Grande	2610	0°18'45''N	78°17'293''W
Ecu-15490	Cotacachi	Itaqui	2710	0°18'11''N	78°18'194''W
Ecu-15511	Cotacachi	Domingo Sabio	2620	0°16'30''N	78°17'625''W
Café Pintado	Ibarra	San Pedro	2450	0°19'45''N	78°16'978''W
Ecu-15499	Cotacachi	Chilcapamba	2600	0°17'55''N	78°17'587''W
Yura Alpa	Cotacachi	El cercado	2400	0°20'00''N	78°16'502''W
Ecu-15428	Cotacachi	Morochos	2770	0°17'61''N	78°19'082''W
Ecu-15429	Cotacachi	Morochos	2770	0°17'61''N	78°19'082''W
Ecu-17312	Cotacachi	Cumbas	2700	00°15'84''N	78°18'999''W
Ecu-17173	Cotacachi	Colimbuela	2560	0°20'74''N	78°15'732''W
Ecu-17133	Ibarra	San Antonio	2760	0°16'21''N	78°19'082''W
Ecu-17162	Ibarra	San Antonio	2761	0°16'21''N	78°19'082''W
Ecu-17996	Ibarra	San Antonio	2762	0°16'21''N	78°19'082''W
Ecu-17218	Ibarra	San Antonio	2763	0°16'21''N	78°19'08''W
Mixturiado 1	Cotacachi	Domingo Sabio	2620	0°16'30''N	78°17'625''W
Mixturiado 2	Cotacachi	Cumbas	2700	0°15'84''N	78°18'999''W
Mixturiado 3	Cotacachi	Morochos	2750	0°17'62''N	78°18'17''W
Mixturiado 4	Cotacachi	Morochos	2750	0°17'62''N	78°18'17''W
Mixturiado 5	Cotacachi	Turuco	2600	0°17'82''N	78°16'739''W
Mixturiado 6	Cotacachi	Anrabí	2520	0°17'68''N	78°16'873''W
Mixturiado 7	Cotacachi	Anrabí	2521	0°17'68''N	78°16'873''W
Mixturiado 8	Cotacachi	Anrabí	2522	0°17'68''N	78°16'873''W
Mixturiado 9	Cotacachi	Chilcapamba	2600	0°17'50''N	78°17'741''W
Mixturiado 10	Cotacachi	Itaqui	2601	0°17'50''N	78°17'741''W
Mixturiado11	Cotacachi	Colimbuela	2560	0°20'74''N	78°15'732''W

3.3.2 Diseño experimental

Para la presente investigación se diseñó una parcela neta con un área total de 950 m², dentro de la cual se distribuyeron las 39 accesiones. Cada unidad experimental contó con un área de 10.5 m² para cada accesión, en los cuales se realizaron tres surcos con unas separaciones de 0.50 m entre sí. Al momento de la siembra se consideró la distancia de 0.30 m de separación entre plantas y se introdujeron 3 semillas por cada punto de siembra. Para

proceder al registro de la información de caracterización morfoagronómica se tomaron 15 plantas completamente al azar.

3.3.2 Características del experimento

A continuación, se detallan las características de la parcela productiva establecida en el Jardín Etnobotánico de la comunidad de Turuco cantón Cotacachi. La unidad experimental se realizó con base en la siguiente información (Tabla 6).

Tabla 6

Características de las parcelas experimentales en la zona de estudio

Datos	Medidas
Área total de la parcela	950 m ²
Área de la parcela neta	10.5 m ² (2.10 m*5m)
Largo de la parcela	5 m
Ancho de la parcela	2.10 m
Largo del surco	5 m
Distancia entre surcos	0.50 m
Distancia entre repetición	1 m
Distancia entre unidad experimental	0.30 m
Distancia entre planta	0.30 m
Número de surcos/unidad experimental	3
Número de semillas por golpe	3
Número de golpes de siembra por surco	16
Número de plantas por surco	48
Número de plantas por parcela neta	48
Número de plantas por unidad experimental	144

3.4 Análisis Estadístico.

Fase 1. Caracterización morfológica

Se utilizó el programa InfoStat versión 2018, para realizar los análisis estadísticos. Para los caracteres cuantitativos se realizó un análisis de medias de resumen, el que incluye datos sobre la media, coeficiente de variación, valores máximos y mínimos, para datos cualitativos se realizó un análisis de tablas de frecuencias.

Posteriormente se realizó un análisis de conglomerados para lo cual los datos cualitativos fueron transformados a una matriz binaria (0-1) (variables auxiliares Dummy), tanto datos cualitativos como cuantitativos fueron empleados para el análisis de conglomerados. Para lo cual se empleó el método de agrupamiento de Ward (1963) y la distancia de Gower (1967), se generó un dendograma que permitió visualizar el agrupamiento de las muestras que poseen características morfológicas similares.

Para identificar variables cuantitativas significativas, se realizó el análisis de varianza a nivel de grupos y a través del estadístico de Fisher al 5%. Para identificar variables cualitativas significativas, se trabajó con Tablas de Contingencia, donde se emplearon los estadísticos de coeficiente de correlación de Pearson (p), Pseudo F, valor-P y Chi cuadrado (X^2).

Para la identificación de materiales promisorios se emplearon descriptores relacionados con la producción y rendimiento los cuales son: el número de días a la cosecha, número de vainas, número de semillas, rendimiento en gramos por planta, color de la semilla, además de clasificarlas según el hábito de crecimiento.

3.5 Variables a evaluar

Para registrar los datos correspondientes se utilizaron descriptores desarrollados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT (1993). De la misma manera para determinar el color se utilizó la tabla de colores Royal Horticultural Society (RHS) para tejidos vegetales.

3.5.1 Descriptores cuantitativos

La toma de datos fue realizada en 15 individuos (plantas) totalmente al azar perteneciente a cada accesión:

- **Días a la emergencia**

Esta variable se tomó a partir del día que se realizó la siembra en suelo húmedo, hasta el día que el 50% de las plántulas de cada accesión emergieran.

- **Porcentaje de emergencia**

Se evaluó cada accesión dentro de los 10 a 15 días posteriores a la siembra y se registró por cada una el número de plantas emergidas, expresadas como porcentaje.

- **Días a la floración**

Se cataloga el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas dentro de la parcela mostraron presencia de la primera rama en flor.

- **Duración de la floración**

Esta variable se registró, desde el periodo de floración hasta el día en que se abrió el último botón floral en el 50% de la vegetación presente dentro de la parcela.

- **Longitud del tallo principal**

Se tomó en cuenta en 15 individuos de cada accesión durante el periodo de floración, y se usó una cinta métrica. En plantas con crecimiento indeterminado, se acogió la medición desde las raíces hasta el último meristemo apical y en las plantas con crecimiento determinado se tomó en consideración la inserción desde la raíz hasta el último racimo floral (Figura 5).



Figura 5. Longitud del tallo principal de la planta de fréjol
Fuente: CIAT (1993)

- **Altura de cobertura**

Esta variable se registró al final de la floración utilizando los mismos 15 individuos dentro de la parcela y se midió en centímetros con la ayuda de una cinta métrica. La altura máxima se tomó desde el cuello de la raíz hasta el último meristemo apical, se registró en especies con hábito de crecimiento arbustivo determinado e indeterminado.

- **Longitud de la hoja**

Se midió en centímetros 3 muestras de hojas tomadas en tres puntos de la planta; inicial, medio y final dicha medición se lo realizó desde el espacio de inserción de la lámina foliar en el peciolo hasta al ápice del foliolo, en el foliolo central (Figura 6).

- **Ancho de la hoja**

Se lo definió en el mismo prospecto evaluado anteriormente y se midió en centímetros desde el punto más ancho del foliolo central hacia el lateral (Figura 6).

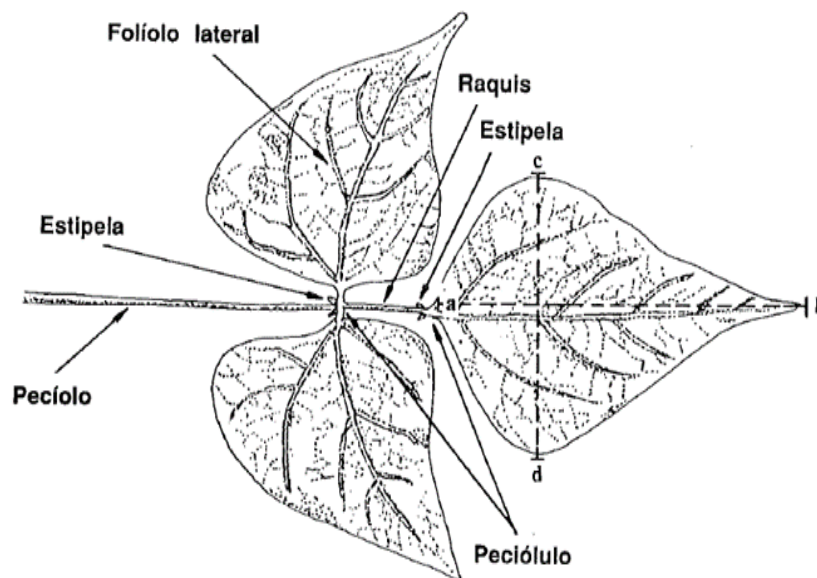


Figura 6. Hoja de Fréjol: ab=longitud; cd=ancho

Fuente: CIAT (1993)

- **Área foliar**

Este dato se obtuvo junto al foliolo evaluado anteriormente (Figura 6) y luego de multiplicar el largo y ancho de la hoja por un factor de corrección (0.75) el resultado se lo expresó en cm^2 .

- **Días a la madurez fisiológica**

Se clasifica por el número de días desde la siembra hasta que se observa el cambio de color de la vaina en el 50% de la vegetación presente en la parcela.

- **Duración de la madurez fisiológica**

Estos datos son el número de días desde el inicio de la madurez fisiológica hasta que la vaina alcanza la madurez de campo dentro de la parcela, es decir cuando el contenido de humedad del grano está entre el 16 y 18%.

- **Días a la cosecha**

Al registrar este descriptor, se tomó en cuenta la cantidad de días que han transcurrido desde el momento de la siembra hasta el momento en que las vainas alcanzan la madurez en el campo. Significa que el contenido de humedad del grano es del 16 al 18% y la planta presenta un 80 a 90% de hojas caídas.

- **Longitud de las vainas**

Cuando las vainas maduraron en el campo se tomaron 10 vainas por accesión y se las midió en centímetros con la ayuda de un calibrador, desde la inserción en el pedicelo hasta el extremo libre del ápice (Figura 7).

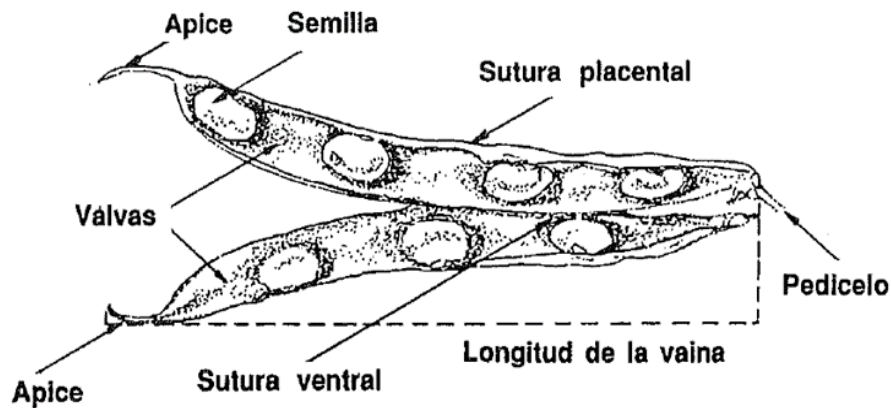


Figura 7. Característica de la vaina en el cultivo de fréjol
Fuente: CIAT (1993)

- **Ancho de la vaina**

Respecto a esta característica se calculó en las mismas vainas utilizada anteriormente para medir la longitud, y se la midió desde la parte más ancha de la vaina entre la sutura dorsal y ventral la cual fue medida en centímetros con el calibrador.

- **Número de semillas por vaina**

Para determinar estos datos, se utilizaron las mismas vainas procediendo a contar el número de granos o semillas presentes en cada vaina.

- **Largo de la semilla**

Para registrar este dato se repitió de forma horizontalmente tres réplicas de 15 semillas y se midieron en centímetros con un calibrador.

- **Ancho de la semilla**

Los datos se midieron en las mismas semillas utilizadas anteriormente, se colocaron verticalmente y se midieron en centímetros con un calibrador.

- **Peso de 100 semillas**

Fue registrada después de haber medido el porcentaje de humedad con la ayuda de un medidor de humedad portátil (AgraTronix MT-PRO) en 100 semillas de cada accesión, para registrar el peso de la semilla en gramos se utilizó una balanza electrónica.

- **Rendimiento por planta**

Para calcular esta variable se pesa el rendimiento de todas las plantas pertenecientes a cada accesión las cuales fueron cosechadas, luego se determina su peso (en gramos) con la ayuda de una balanza y se divide por el número de plantas para obtener su rendimiento.

3.5.2 Descriptores cualitativos

- **Adaptación vegetativa**

Este carácter se evaluó en el momento que las plantas alcanzaron la etapa de floración de acuerdo con el Sistema Estándar de Evaluación de Germoplasma de Fréjol utilizada por el CIAT (1986).

- 1.- Excelente
- 3.- Buena
- 5.- Intermedia
- 7.- Pobre
- 9.- Muy pobre

Excelentes: Plantas altas abundante follaje, tallos firmes y gruesos.

Muy pobre: Plantas pequeñas, baja cantidad de follaje, tallos débiles y torcidos.

- **Color de las alas de la flor**

Se registró observando directamente las alas de la flor en campo durante el período de floración en dicha etapa la flor es la parte más visible.

Para determinar el color se usó la tabla de colores RHS (Royal Horticultural Society) para tejidos vegetales (Tabla 7).

Tabla 7

Grupo de colores para la flor del fréjol

Color principal	Grupo predominante
1. Blanco	White Group
2. Blanco con pigmento rosado	
3. Púrpura	Purple Group
4. Rojo púrpura	

- **Color del estandarte y quilla de la flor**

Esta característica se registró de la misma manera por observación directa al momento de la floración. Para determinar el color se utilizó la tabla de colores RHS para tejidos vegetales (Tabla 8).

Tabla 8

Grupo de colores para la flor del fréjol

Color principal	Grupo predominante
1. Blanco	White Group
2. Blanco con pigmento rosado	
3. Blanco con pigmento púrpura	
4. Blanco con pigmento verde	
5. Púrpura	Purple Group
6. Rojo púrpura	
7. Rojo grisáceo púrpura	
8. Verde amarillo	Green Group
9. Verde amarillo con pigmento rojizo	

- **Hábito de crecimiento del tallo**

Mediante observación directa en campo, se registró el hábito de crecimiento del tallo durante el periodo de floración, de acuerdo a las características descritas por el CIAT, el cual menciona cuatro hábitos de crecimiento (Figura 8).

- ❖ Tipo I: Arbustivo determinado
- ❖ Tipo II: Arbustivo indeterminado
- ❖ Tipo III: Postrado indeterminado
- ❖ Tipo IV: Trepador indeterminado

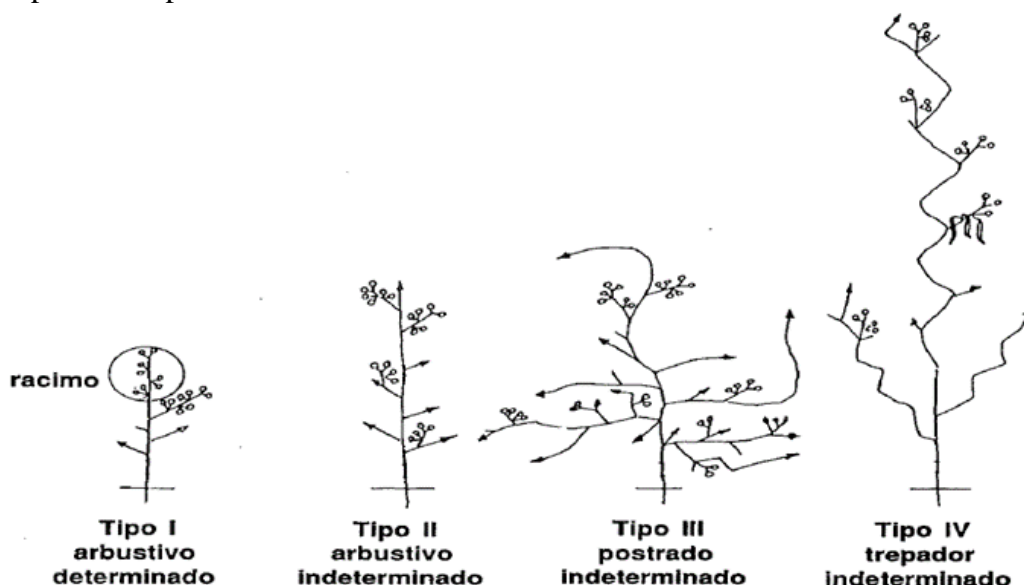


Figura 8. Hábitos de crecimiento de la planta de fréjol

Fuente: CIAT (1993)

- **Color de las hojas**

Este descriptor se obtuvo durante el periodo de floración, para evaluar el color de las hojas se utilizó la tabla de colores RHS para tejidos vegetales en donde los colores pertenecientes al grupo verde son más notorios (Tabla 9).

Tabla 9

Grupo de colores para la hoja de fréjol

Color principal	Grupo predominante
1. Verde oscuro 2. Verde 3. Verde amarillo	Green Group

- **Color del tallo**

Descriptor evaluado en la etapa de floración con la ayuda de la tabla de colores RHS se determinó el color del tejido vegetal (Tabla 10).

Tabla 10

Grupo de colores para el tallo del fréjol

Color principal	Grupo predominante
1. Verde oscuro 2. Verde amarillo con pigmento rojizo 3. Verde amarillo con pigmento púrpura 4. Verde amarillo	Green Group

- **Color de las vainas al momento de la madurez fisiológica**

Esta característica se la evaluó en la etapa de madurez fisiológica, para evaluar el color se utilizó la tabla de colores RHS para tejidos vegetales (Tabla 11).

Tabla 11

Grupo de colores para las vainas de fréjol al momento de su madurez fisiológica

Color principal	Grupo predominante
1. Amarillo 2. Verde 3. Verde oscuro 4. Verde amarillo con pigmento rojizo 5. Verde amarillo con pigmento púrpura 6. Verde amarillo	Yellow Group Green Group

- **Color de las vainas al momento de la cosecha**

Esta variable se registró con la tabla de colores RHS para tejidos vegetales en la cosecha, con la cual fue posible determinar el color correspondiente (Tabla 12).

Tabla 12

Grupo de colores para las vainas del fréjol al momento de la cosecha

Color principal	Grupo predominante
1. Amarillo	Yellow Group
2. Verde	
3. Verde oscuro	
4. Verde amarillo con pigmento rojizo	Green Group
5. Verde amarillo con pigmento púrpura	
6. Verde amarillo	

- **Forma de la vaina**

Se tomaron 10 vainas por accesión, después se evaluó la forma de la vaina mediante la comparación con características descritas por el CIAT (Figura 9)

1. Recta
2. Medianamente curva
3. Curvado
4. Recurvado

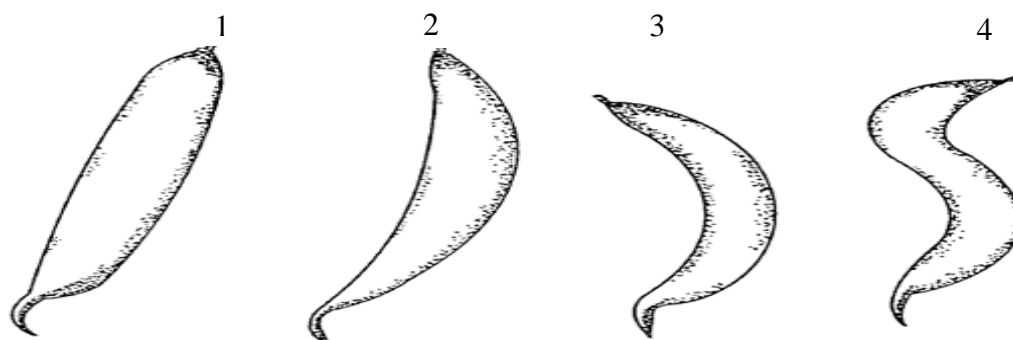


Figura 9. Formas de la vaina del cultivo de fréjol

Fuente: CIAT (1993)

- **Color primario de la semilla**

Este descriptor se evaluó observando directamente el grano después de la cosecha en seco utilizando conjuntamente la escala de color RHS para tejidos vegetales (Tabla 13).

- **Color secundario de la semilla**

De manera similar, utilizando la tabla de colores RHS de tejidos vegetales, el color de los granos se determinó observándolos directamente una vez cosechados (Tabla 13).

- **Distribución del color secundario**

Para proceder con esta evaluación se utilizaron las mismas semillas empleadas para determinar color principal y secundario, para caracterizar la distribución se utilizó la siguiente escala (Tabla 13).

Tabla 13
Grupo de colores para semillas de fréjol

Color Primario / Secundario	Grupo predominante	Distribución del color secundario
1. Blanco	White Group	1 moteado constante
2. Blanco con pigmento rosado		2 a rayas
3. Blanco con pigmento purpura		3 romboide manchado
4. Blanco con pigmento verde		4 punto
5. Rosado púrpura	Purple Group	5 moteado circular
7. Rojo grisáceo púrpura		6 color al margen
8. Púrpura	Red Group	7 rayas anchas
6. Rojo		8 bicolor
9. Amarillo	Yellow Group	9 manchado bicolor
10. Marrón	Marrón Group	10 patrón alrededor del hilum
11. Negro	Black Group	11 bicolor con rayas
		12 alrededor del hilum

- **Forma de la semilla**

Se evaluó al final de la cosecha en grano seco la forma que tiene la semilla, para ello se utilizó la siguiente escala (Figura 10)

1. Redonda
2. Ovoide
3. Elíptica
4. Pequeña casi cuadrada
5. Alargada, ovoidea
6. Alargada, ovoide en un extremo inclinada en el otro
7. Alargada, casi cuadrada
8. Arriñonada, recta en el lado del hilo
9. Arriñonada, curva en el lado opuesto al hilo.

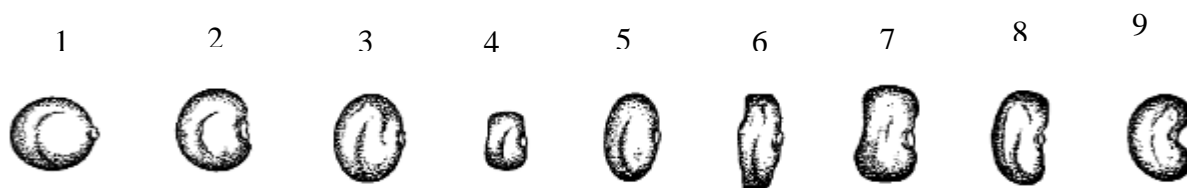


Figura 10. Formas de la semilla del cultivo de fréjol

Fuente: CIAT (1993)

3.5 Nivel de daño causado por las plagas y enfermedades asociadas al cultivo.

El nivel de daño causado por plagas y enfermedades se determinó usando la escala general del sistema estándar para la evaluación de germoplasma de fréjol impartida por el (CIAT, 1987). El nivel de daño se registró en dos etapas del cultivo (R6 y R8).

Representación de la escala general compartida por el CIAT (1987), para evaluar el daño ocasionado por enfermedades (Tabla 14).

Tabla 14

Escala general del sistema estándar para la evaluación de germoplasma de fréjol

Categoría	Niveles	Clasificación	Descripción	Comentarios
Resistente	1 (0%)	Altamente resistente	Síntomas no visibles o muy leves	Germoplasma útil como progenitor
	2 (1%)	Moderadamente resistente		
	3 (2%)	Resistente		
Intermedio	4 (3%)	Intermedio	Síntomas visibles y conspicuos que solo ocasionan un daño económico limitado	Germoplasma utilizable como variedad comercial
	5 (5%)	Intermedio		
	6 (%)	Intermedio		
Susceptible	7 (10%)	Susceptible	Síntomas severos a muy severos que causan pérdidas considerables en rendimiento o muerte de la planta.	En la mayoría de los casos germoplasma no útil, ni aun como variedad comercial.
	8 (20%)	Moderadamente susceptible		
	9 (>25%)	Altamente susceptible		

Fuente: CIAT (1987)

3.5.1 Descripción de la escala del nivel de daño por enfermedades y plagas

Las enfermedades y plagas que afectan a las hojas, las vainas, los tallos y las raíces del fréjol se manifiestan, en cuanto lo permite la constitución genética que gobierna los mecanismos de resistencia de la planta. Estas variables fueron tomadas en cuenta cuando el cultivo entró a la etapa de floración.

a) Descripción de la escala del nivel de daño por enfermedades

- **Roya** (*Uromyces appendiculatus* F.)

El hongo causante de la roya produce pequeñas lesiones cloróticas por el haz de las hojas (Figura 11). El patógeno es muy agresivo desde los primeros estados de desarrollo del cultivo y se disemina fácilmente por el viento (Tabla 15).

Tabla 15

Enfermedad del cultivo de fréjol roya (Uromyces appendiculatus F.) etapas para la evaluación: R6 y R8

Nivel de Daño	Característica
Altamente resistente	Ausencia, a simple vista, de pústulas de roya (inmune).
Resistente	Presencia en la mayoría de las plantas de solo unas pocas pústulas por lo regular pequeñas que cubren aproximadamente el 2% del área foliar.
Intermedia	Presencia en todas las plantas de pústulas generalmente pequeñas o intermedias que cubren aproximadamente entre el 3%, 5% y 7% del área foliar.
Susceptible	Presencia de pústulas generalmente grandes y rodeadas con frecuencia, de halos cloróticos que cubren aproximadamente el 10% del área foliar.
Altamente susceptible	Presencia de pústulas grandes y muy grandes, con halos cloróticos los cuales cubren más del 25% del tejido foliar y causan defoliación prematura.

Fuente: CIAT (1987)



Figura 11. Enfermedad del cultivo de fréjol roya (*Uromyces appendiculatus* F.)
Fuente: Reyes, C (2015)

- **Antracnosis** (*Colletotrichum lindemuthianum* S.)

Esta enfermedad fungosa es común durante períodos húmedos o lluviosos, se puede presentar desde los primeros estados de Desarrollo del cultivo, es muy severa en época de floración y formación de vainas (Figura 12) (Tabla 16).

Tabla 16.

Enfermedades del cultivo de fréjol antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum* S.) etapas para la evaluación: R6 y R8.

Nivel de daño	Característica
Resistente	Sin síntomas visibles de la enfermedad. Presencia de lesiones muy leves que aparecen que aparecen en el envés de la hoja cubriendo cerca del 1 % del área foliar.
Intermedia	Presencia de varias lesiones pequeñas en el peciolo o en las venas primarias y secundarias del envés de las hojas. En la vaina, las lesiones redondas y pequeñas (menos de 2 mm de diámetro), con esporulación reducida o sin ella, cubren aproximadamente el 3%, 5% y 7% de la superficie de la vaina.
Susceptible	Presencia de numerosas lesiones grandes en el envés de la hoja, también se pueden observar lesiones necróticas en el haz y en los peciolos. En las vainas, presencia de lesiones de tamaño mediano (más de 2 mm de diámetro), con esporulación que cubren aproximadamente el 10% de la superficie de las vainas.

Fuente: CIAT (1987)



Figura 12. Lesiones características de antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum* S.) en vainas

Fuente: Araya y Hernández (2006)

- **Mancha angular** (*Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Ferraris.)

Enfermedad común en zonas de clima medio, pero se puede presentar en climas fríos y moderados principalmente en condiciones donde persiste alta humedad relativa (Figura 13). Enfermedad fungosa que puede sobrevivir en restos de cosechas anteriores y en el campo se disemina rápidamente por el viento además que puede transmitirse por semillas (Tabla 17).

Tabla 17.

Enfermedades del cultivo de fréjol mancha angular (Pseudocercospora griseola (Sacc.) Ferraris.) Etapas para la evaluación: R6 y R8.

Nivel de daño	Característica
Resistente	Sin síntomas visibles de la enfermedad. Presencia de unas pocas lesiones pequeñas sin esporulación que cubren aproximadamente el 2% del área foliar o del área de las vainas.
Intermedia	Presencia de varias lesiones pequeñas, con esporulación, cubren aproximadamente el 3%, 5% y 7% del área foliar o del área de las vainas.
Susceptible	Lesiones generalmente grandes, con esporulación que cubren cerca del 10% del área foliar o del área de las vainas. En el follaje las lesiones pueden juntarse y el resultado son áreas infestadas más grandes asociadas con tejido clorótico. Las lesiones pueden también encontrarse en el tallo y en las ramas.
Altamente susceptible	Un 25% del área foliar o del área de las vainas está cubierta por lesiones esporulantes grandes que tienden con frecuencia a juntarse. Los tejidos foliares son generalmente cloróticos lo que ocasiona una defoliación severa y prematura. Las vainas infectadas están, en general deformadas y arrugadas y contienen un número bajo de semillas. Tanto en el tallo como en las ramas se observan lesiones esporulantes abundantes.

Fuente: CIAT (1987)



Figura 13. Hojas amarillentas y lesiones angulares en hojas inferiores mancha angular (*Pseudocercospora griseola* (Sacc.)

Fuente: Araya y Hernández (2006)

- **Bacteriosis común** (*Xanthomonas campestris* D.)

Esta enfermedad (Tabla 18) frecuente en zonas de clima cálido y con alta humedad relativa, su sintomatología es presentada por manchas necróticas de color marrón y aspecto acuoso por el envés de las hojas (Figura 14). En las vainas los síntomas se manifiestan como manchas húmedas que aumentan gradualmente de tamaño, cuando la infección es severa, el patógeno puede ser transmitido por la semilla (Tamayo y Londoño , 2001).

Tabla 18

Enfermedades del cultivo de fréjol bacteriosis común (Xanthomonas campestris D.) escalas para la evaluación: R6, R8.

Nivel de daño	Característica
Resistente	Sin síntomas visibles de la enfermedad. Aproximadamente 2% del área foliar está cubierta por unas pocas lesiones pequeñas. Generalmente las vainas están libres de lesiones.
Intermedia	Aproximadamente el 3%, 5% y 7% del área foliar está cubierta por lesiones pequeñas que comienzan a juntarse; estas se hallan rodeadas a veces por halos amarillos que resultan en síntomas leves. Las lesiones en las vainas son generalmente pequeñas y no se juntan.
Susceptible	Aproximadamente 10% del área foliar está cubierta por lesiones medianas y grandes, generalmente acompañadas por halos amarillos y por necrosis. Las lesiones en las vainas son grandes, se juntan y presentan con frecuencia exudados bacterianos.
Altamente susceptible	Más del 25% del área foliar está cubierta por lesiones muy grandes, generalmente necróticas que se juntan unas con otras lo que ocasiona la defoliación de la planta. Las lesiones en las vainas se juntan para cubrir áreas extensas y exhiben abundante exudación bacteriana, lo que en ocasiones causa vainas deformes y vacías.

Fuente: CIAT (1987)



Figura 14. Bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* D.)

Fuente: Reyes, (2015)

Descripción de la escala del nivel de daño por plagas

- **Mosca blanca** (*Bemisia tabaci* G.)

Pequeño insecto chupador que puede causar grandes daños en los cultivos, al sacar alimento de la planta, adquirir virus y transmitir enfermedades (Figura 15). Esto ocurre principalmente en tierras bajas y valles a alturas hasta los 1.000 msnm. En épocas cálidas y secas, la mosca blanca puede causar daño a mayor escala, las plantas infestadas son tan vigorosas como las plantas no infestadas. La mosca blanca aparentemente no causa daño considerable (Morales, 2004).

Etapa para realizar la evaluación V4 escala a utilizarse:

1. Plantas infestadas con ligero retraso en su crecimiento.
2. Plantas infestadas con retraso considerable en su crecimiento.
3. Plantas infestadas con retraso severo en su crecimiento.
4. Plantas infestadas muertas o casi muertas.



Figura 15. Mosca blanca (*Bemisia tabaci* G.)

Fuente: Reyes, (2015)

- **Áfidos Pulgones** (*Aphidinae* L.)

El daño es causado por los adultos y las ninfas que se alimentan de la savia de los tejidos tiernos de las yemas y hojas nuevas de la planta (Figura 16). En la cual pueden inyectar toxinas y transmitir virus, causando deformaciones, encrespamiento, retardo en el crecimiento, desecación, amarillamiento, caída de hojas y flores afectando el rendimiento de la producción (Castillo, Villalobos, Vargas, Rodríguez y Gonzáles, 2017).

Se mide mediante la siguiente escala el daño sufrido en las hojas, ocurre generalmente antes de la floración. Etapas para realizar la evaluación: V4 y R5.

Escala:

1. Sin daño.
2. Hojas ligeramente “encocadas”.
3. Hojas moderadamente encocadas, con cierto amarillamiento foliar.
4. Distorsión severa de las hojas con amarilla miento considerable, acompañada de
5. Distorsión foliar severa o muy severa, acompañada de amarilla miento y abundante



Figura 16. Áfidos Pulgones (*Aphidinae* L.)
Fuente: Araya y Hernández (2006)

- **Lorito verde** (*Empoasca kraemeri* Ross y More)

Habita en el envés de las hojas, causa achaparramiento de la planta, deforma las vainas y reduce el rendimiento (Figura 17). Posee el hábito de chupar la savia, es favorecida por altas temperaturas y la sequía (Jiménez, 2009).

El daño deberá evaluarse cuando ocurra, pero antes del final de R8, escala a utilizarse:

1. Sin daño.
2. Ligero enrollamiento, hacia abajo o hacia arriba, de las hojas de algunas plantas.
3. Enrollamiento moderado y algún amarillamiento foliar. La planta se muestra achaparrada.
4. El enrollamiento foliar, el amarillamiento y el achaparrado son más intensos.
5. Todas las hojas presentan amarillamiento y enrollamiento. La planta se muestra totalmente achaparrada, con muy escasa producción de flores y de vainas.



Figura 17. Lorito verde (*Empoasca kraemeri* Ross y More)
Fuente: Araya y Hernández (2006)

- **Gusano o Picudo de la vaina (*Apion godmani* W.)**

Plaga de importancia en el fréjol su porcentaje de daño va de 10 a 90% en época lluviosa, se alimentan del follaje, flores y vainas. En las vainas realizan agujeros de alimentación y oviposición, causando así síntomas hiperplásticos, acompañados de una deformación de la vaina (Figura 18).



Figura 18. Gusano o Picudo de la vaina (*Apion godmani* W.)
Fuente: Reyes, (2015)

Como lo establece el CIAT (1993) la evaluación del daño de *Apion godmani* W. Se llevó a cabo en vainas maduras que se recogen de manera ordenada con la debida identificación. Se ha determinado que una muestra aleatoria de 30 vainas es suficiente para obtener una información confiable sobre el porcentaje de daño al abrir las vainas y contando los granos dañados y sanos, se observa el grado de daño para luego determinar el porcentaje de daño.

Para determinar el porcentaje de daño se puede aplicar la siguiente fórmula.

$$\text{Porcentaje de daño} = \frac{\text{No. de granos dañados}}{(\text{Granos dañados} + \text{granos sanos})} \times 100$$

Escala:

1. Inmune: 0%
2. Altamente resistente: 1-5%
3. Resistente: 5-10%
4. Susceptible: >10%

3.6 Manejo del Experimento.

3.6. 1. Labores culturales

a) Delimitación del terreno

Se procedió con materiales de campo como son piola y estacas con los cuales se realizó la delimitación del terreno, en una extensión de 950m² los cuales con ayuda de un flexómetro o cinta métrica de dio inicio a la medición (Figura19).

b) Muestreo y análisis químico del suelo

Previamente a la instalación del ensayo se tomó muestras del suelo al azar en toda la extensión del terreno posteriormente con ayuda del laboratorio de suelos del INIAP se procedió al análisis del área a cultivar con la finalidad de ayudar en las labores de fertilización.

c) Preparación del terreno

La preparación del terreno se lo realizo de manera mecánica con el paso de la rastra a una profundidad de 30 cm, con el fin de eliminar restos de cultivos anteriores.

El manejo correcto del suelo asegura un buen desarrollo de las plantas, primero arar y luego rastrear hasta dejar el suelo al mullido deseado, esto se lo puede realizar con ayuda mecánica o animal (tractor o yunta). Eliminar malezas del campo, realizar un riego con una lámina de agua constante de 10cm, además de que los surcos deben realizarse en sentido contrario de la pendiente (Ghimire, Lamichhane, Sharma, Prakriti y Man, 2017).

d) Trazado de parcelas

Se procedió a trazar las parcelas usando un flexómetro, estacas y piola delimitando así un total de 39 unidades experimentales (Figura 20).



Figura 19. Delimitación y preparación del terreno



Figura 20. Trazado de parcelas

e) Fertilización

Se lo realizó conjuntamente con la recomendación del análisis de suelo proporcionada por el laboratorio de suelos del INIAP (Tabla 19). Esto con la finalidad de proporcionar los nutrientes necesarios para obtener un buen crecimiento, desarrollo y producción del cultivo (Figura 21).



Figura 21. Preparación del fertilizante requerido

Tabla 19

Fertilizantes calculados para el área del ensayo (requerimientos)

Fuente de fertilizantes	% del elemento					Cantidad aplicada kg/950m ²
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	
Muriato de potasio			60			1.03
Sulpomag			19	17	10	5.60
Urea	46					1.48
18-46-0	18	46				2.43

f) Siembra

Previo a la siembra se humedeció el suelo con la finalidad de colocar el fertilizante previamente calculado. Se colocaron tres semillas por golpe a una distancia de 30 cm entre golpe (Figura 22).



Figura 22. Siembra de fréjol

g) Riego

El riego varió de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona, en ausencia de lluvias se aplicó entre 10 a 13 riegos en todo el ciclo, a partir de la etapa de floración los riegos se proporcionaron con mayor frecuencia. El riego se realizó por surcos a lo largo de cada bloque, con la finalidad de dar la cantidad necesaria a raíz (Figura 23).



Figura 23. Riego dentro de las parcelas

h) Deshierbe

Las labores de limpieza se realizaron de manera manual con la ayuda de un azadón, esta actividad se la realizó a los 30 días después de la siembra y continuamente cada 20 días hasta la cosecha (Figura 24). Es recomendable realizar el deshierbe durante los primeros 30 días de siembra del cultivo, puede hacerse en forma manual o utilizando tracción animal con el fin de evitar la presencia de plagas y disminución en la producción del cultivo (Mondragon y Serrano, 2018).



Figura 24. Limpieza de malezas

i) Controles fitosanitarios

El control fitosanitario se las realizó mediante una aplicación manual con bomba de mochila (Figura 25), esto para el control de plagas y enfermedades dentro del ensayo. La aplicación de cualquier producto debe hacerse en el momento oportuno, esto hace referencia a la realización minuciosa de las plantas para corroborar si existe afección que puedan causar daños económicos (Blanco y León, 2016).



Figura 25. Controles fitosanitarios

j) Cosecha

La cosecha en vainas se realizó al momento que las plantas están completamente defoliadas. Se procedió a arrancar las vainas que estaban completamente amarillas, para realizar la cosecha se utilizó fundas con su respectiva identificación para cada accesión (Figura 26).



Figura 26. Cosecha del fréjol

Fase 2: Ecogeográfica

3.7.2. Área de estudio

El área de estudio corresponde a la zona norte del país en las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha en donde se procedió con la recolección de las accesiones de fréjol cuya base de datos fue utilizada para su descripción (Figura 27).

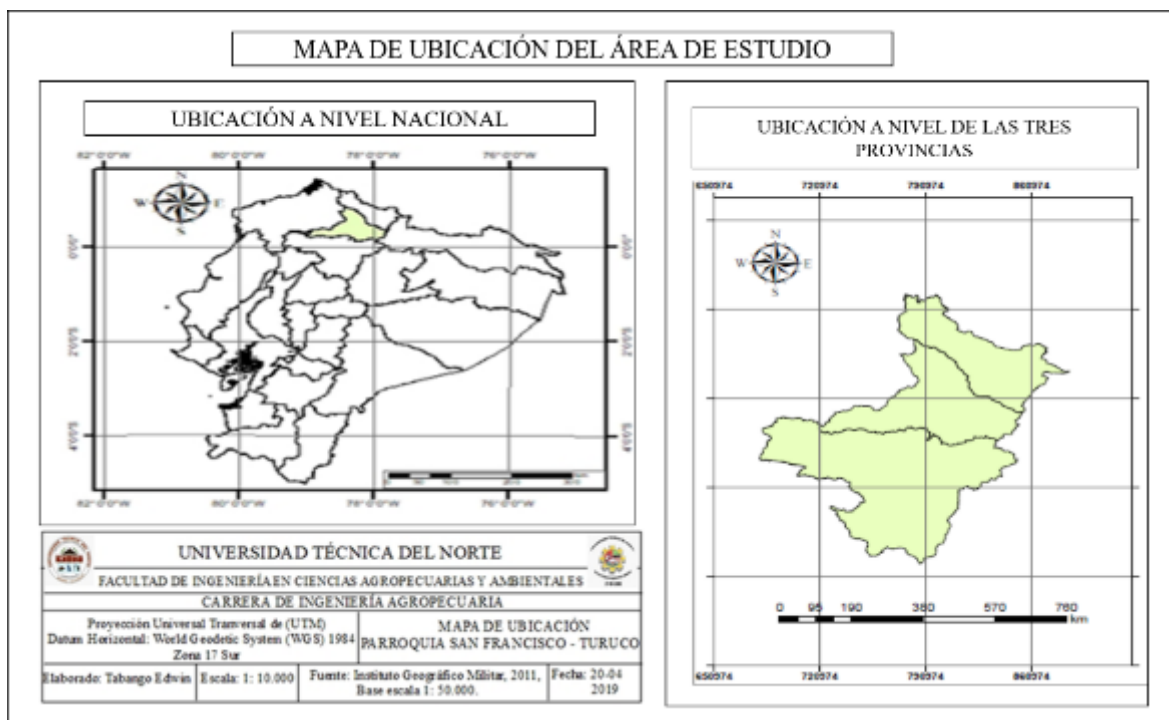


Figura 27. Área de estudio de la caracterización ecogeográfica

3.7.3 Caracterización ecogeográfica

Para realizar la caracterización ecogeográfica del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) se utilizó la base de datos ECUCOL correctamente depuradas, las cuales fueron recolectadas en la zona norte del país, por parte del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIAP, arrojando así 180 accesiones distribuidas de la siguiente manera: Carchi (3 accesiones), Imbabura (173 accesiones) y Pichincha (4 accesiones). Esto bajo el formato compatible con la herramienta CAPFITOGEN, siguiendo así con la elección de variables con la ayuda de las herramientas que nos brinda dicho programa (Parra-Quijano, Torres, Iriondo y López, 2015).

El programa CAPFITOGEN contiene varias herramientas (Figura 28). La primera que se empleó es TESTABLE, esta herramienta permitió ver los posibles errores que se presentaron en la base de datos en Excel como son: celdas en blanco, filas fantasmas, dimensiones, al

analizar el documento la herramienta verifica posibles errores los cuales se pueden corregir en el mismo documento (Parra-Quijano et al., 2015).

La segunda herramienta que se utilizó fue GEOQUAL. Se realizó una evaluación a la calidad de la geo-referenciación de los datos pasaporte, validando los datos en un rango de 0 a 100 siendo cero una calidad nula y cien una calidad óptima, dentro de este rango se tomó como aceptable de 80 a 100 (FAO, 2015).

Continuando así con la captura de las variables ecogeográficas con la ayuda de la herramienta SELECVAR, la cual contiene 105 variables entre bioclimáticas, edáficas y geofísicas. Se emplearon las siguientes variables descritas por Tapia, (2015) en las que definen las siguientes variables: 31 bioclimáticas, 1 edáficas y 7 geofísicas (Tabla 20).

Tabla 20

Variables ecogeográficas recopiladas del sistema de información geográfica

Grupo	N° de variables	Variabes ecográficas	Unidad de medida
Bioclimáticos	1	Estacionalidad temperatura	°C
	1	Temperatura promedio anual	°C
	12	Temperatura mínima de los 12 meses	°C
	12	Temperatura máxima de los 12 meses	°C
	1	Precipitación anual	Mm
	1	Precipitación mes más húmedo	Mm
	1	Precipitación mes más seco	Mm
	2	Precipitación promedio entre enero y diciembre	Mm
Geofísicas	1	Elevación	M
	1	Pendiente	°
Edáficas	1	Profundidad	M
	1	Arcilla del suelo	%
	1	Capacidad de intercambio catiónico	% Vol.
	1	Arena en el suelo	% Vol.
	1	Limo en el suelo	% Vol.
	1	Grava en el suelo	% Vol.
	1	Carbón orgánico en el suelo	% peso
	1	pH del suelo	-log (H+)
Total	39		

NOTA: Los datos Bioclimáticos se obtuvieron de la página web: Worldclim: <http://www.worldclim.org>, los datos Geofísicos: Shuttle Radar Topography Mission <http://srtm.csi.cgiar.org/>, mientras que los datos Edáficos se obtuvieron del MAG <http://geoportal.magap.gob.ec/> en una escala 1:50000.

Una vez determinadas las variables, se utilizó la herramienta ELC MAPAS (Ecogeographical Land Characterization por sus siglas en inglés), donde nos reflejó diferentes escenarios adaptativos que ocurren para una especie o grupo de especies en un

territorio dado. Además, de la herramienta ECOGEO esta herramienta permitió realizar caracterizaciones eco-geográficas de los sitios de recolección del germoplasma, extrayendo para cada una de las variables (bioclimáticas, geofísicas y edáficas) componentes principales, dendograma, el cual arroja información sobre los sitios de recolección no directamente de la naturaleza del germoplasma. Finalmente, se utilizó la herramienta ARCMAP (ARCGIS), la cual permitió reflejar los sitios de distribución del cultivo en la región andina del Ecuador.

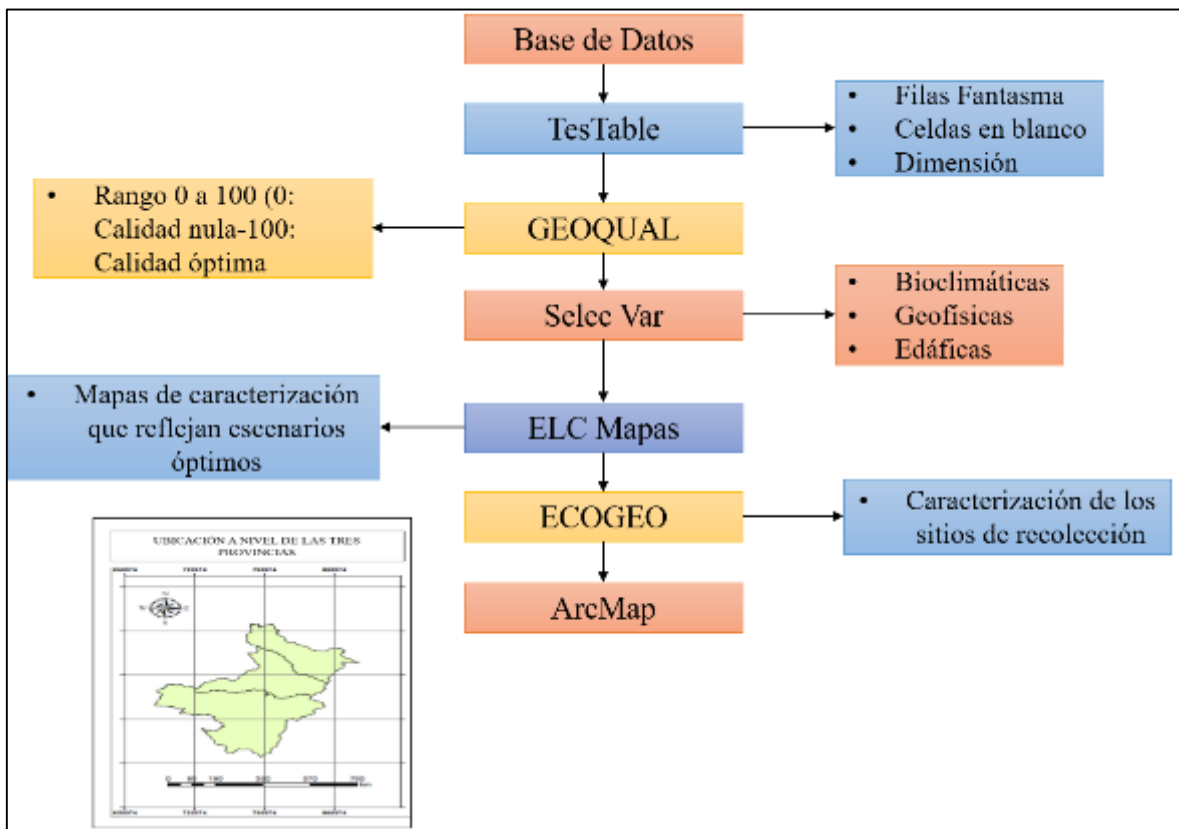


Figura 28. Herramientas de CAPFITOGEN versión 2.0

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización Morfo-agronómica (Fase 1)

Para realizar el proceso de caracterización se usaron 39 accesiones de fréjol las mismas que fueron proporcionadas por el Banco Nacional de Germoplasma del INIAP, esta investigación se la realizó en el jardín etnobotánico perteneciente a la organización UNORCAC, en el sector de Turuco cantón Cotacachi provincia de Imbabura. Por cada accesión de fréjol se tomaron 15 individuos (plantas) al azar para realizar la caracterización morfológica.

4.1.1 Variabilidad morfológica de datos cuantitativos según las etapas fenológicas del cultivo de frejol.

Con la finalidad de determinar las variables de los datos morfoagronómicos de las accesiones de fréjol, se analizó a través de medidas de resumen para variables cuantitativas determinando así el valor mínimo, valor máximo, promedio y el coeficiente de variación (CV). En el coeficiente de variación, según Franco e Hidalgo (2010), los valores mayores a 50% indican que existe variabilidad en una especie, además que si el valor es menor a 20% los datos son más homogéneos colocándose así en una variación menor. Los resultados obtenidos para cada variable evaluada se detallan a continuación.

4.1.1.1 Estado de plántula.

- **Porcentaje de emergencia**

Los valores que se obtuvieron dentro de esta característica presentan un porcentaje mínimo de 54% para la accesión mixturiado 8 y un valor máximo de 98% para la accesión mixturiado 6 y mixturiado 4, el valor promedio fue de 84.62% con un CV de 14.75% (Tabla 21). El porcentaje de emergencia de las semillas garantiza el 50% del éxito de producción (Garcés, Zabala, Díaz y Vera, 2012).

Tabla 21

Medida resumen para porcentaje de emergencia (estado de plántula).

Variable	Media	CV (%)	Valor Mínimo	Valor Máximo
Porcentaje de emergencia (%)	84.62	14.75	54.00	98.00

De acuerdo a Granito et al., (2009) existen diferentes factores que pueden influir en la germinación o emergencia de las semillas de fréjol en el campo, uno de ellos son los métodos de conservación. Además, de las variables climáticas como es la temperatura y humedad relativa las cuales pueden causar pudrición o desecación en el suelo. Esto se evidenció en la investigación ya que días después de la emergencia existió pudrición en algunos individuos por excesiva humedad.

4.1.1 2. En estado de Floración

Con la aparición de los primeros botones florales, se cree que el cultivo ha entrado en el periodo de reproducción, una vez que la planta presenta la primera flor abierta y cuando el grano está maduro para la cosecha finaliza la fase de floración, las etapas del desarrollo de la planta incluyen, hojas, ramas, hábito de crecimiento y primeras vainas.

- **Días a la Floración**

Esta característica presentó un valor mínimo de 51 días para las accesiones, Ecu-17996, Ecu-15413 y un valor máximo de 92 días para las accesiones: Ecu-15416, Ecu-15429, Ecu-17133, Ecu-17162, Ecu-17173, Ecu-17218, Ecu-17312, Ecu-15401, Ecu-15412, Ecu-15490, Ecu-15501, Ecu-15504, Ecu-15506, Ecu-15507, Ecu-15510, Ecu-15511, Ecu-15516, Ecu-15524, Ecu-15557, Ecu-17331, Ecu-17338, mixturiado 1, mixturiado 2, mixturiado 3, mixturiado 4, mixturiado 5, mixturiado 6, mixturiado 7, mixturiado 8, mixturiado 9, mixturiado 10, mixturiado 11, YURA APA. El promedio es de 86.62 días y el coeficiente de variación de 14.76% (Tabla 22).

Tabla 22

Medidas resumen para variables en etapa de Floración

Variable	Media	CV (%)	Valor Mínimo	Valor Máximo
Días floración	86.62	14.76	51.00	92.00
Longitud del tallo principal (cm)	219.25	31.24	32.00	395.00
Ancho de la hoja (cm)	10.25	24.88	4.90	35.30
Longitud de la hoja (cm)	11.74	26.20	5.44	37.70
Área Foliar (cm ²)	93.97	42.19	21.00	387.00

Existen factores que afectan y causan variaciones dentro de cada etapa de desarrollo del fréjol; el clima, condiciones de fertilidad, características físicas del suelo, la sequía, la luminosidad e incluso el genotipo, hábito de crecimiento y precocidad. Estos factores afectan de manera diferente según las características de cada variedad, debido a que cada vez existen

variedades mejoradas que pueden resistir a diferentes eventualidades (Fernández, Gepts y López, 1985).

- **Longitud del Tallo**

La altura de las plantas es una característica genética propia de cada variedad que interactúa con el medio ambiente. Con respecto al resultado obtenido en esta investigación se evidenciaron accesiones con un valor mínimo de 32 cm perteneciente a la accesión Ecu-15413 (Yana Alpa Poroto) y un valor máximo de 395 cm para la accesión mixturiado 9, el valor promedio es de 219 cm, y el CV del 68% (Tabla 22). Estas características la adoptan debido a la competencia intraespecífica que tiene cada cultivo, lo cual hace que las plantas elonguen sus tallos para facilitar la captación de radiación solar (Aziz, Dennett, Munir y Abid, 2012).

- **Longitud y Ancho de la hoja**

Según Ligarreto (2013) el tamaño de la hoja se encuentra relacionado con el área foliar, peso foliar y área específica son caracteres que demuestran la eficiencia fotosintética en una planta porque es uno de los componentes de rendimiento. Con lo siguiente dentro de la investigación la variable longitud de la hoja mostró un valor mínimo de 5 cm para la accesión Ecu-15501 (poroto) y un valor máximo de 37cm, perteneciente a la accesión Ecu-15524 (Poroto Bolón), con un valor promedio de 11cm, y un CV del 26%, además el ancho de la hoja, presentó un valor mínimo de 4 cm accesión mixturiado 2 y un valor máximo de 35cm accesión Ecu-17331 (Café pintado), con un valor promedio de 10cm, y un CV del 24% (Tabla 22).

Investigaciones realizadas por el CIAT (1986) menciona que el tamaño de las hojas tanto para largo, ancho y densidad del follaje, puede estar influenciado por las condiciones climáticas como es la temperatura, además, indica que el factor clave para el crecimiento de las hojas es la temperatura que se presenta en el día como en la noche.

- **Área Foliar**

El área foliar es uno de los parámetros importantes ya que se encuentra relacionado con la eficiencia fotosintética de los cultivos esto ha sido objeto de interés en estudios de fisiología vegetal, genética y fitomejoramiento.

Con respecto a dicha variable se evidenció valores mínimos de 21cm² pertenecientes a la accesión Ecu-15501 y valores máximos de 397cm² perteneciente a la accesión Ecu-17331

(Café pintado), con un valor medio de 93cm², con un CV del 42% (Tabla 22). Estos valores se los obtuvo al multiplicar el largo y ancho de la hoja por un factor de corrección de 0.75 como lo menciona el CIAT (1993).

Según Espitia, Montoya, Robles, Carbosa, y Vergara (2006) el área foliar de los cultivos es necesaria para calificar un buen crecimiento además de comprender un dato importante con el cual se puede definir la capacidad de la cubierta vegetal como un componente útil en la interpretación de la radiación activa (capacidad de absorber luz). La cual es una fuente primaria para la fabricación de tejidos y elaboración de compuestos alimenticios que necesita la planta para su desarrollo.

4.1.1.3 Estado de Madurez Fisiológica

En la madurez las plantas sufrirán algunos cambios, uno de los cuales es la presencia de vainas y sus granos bien desarrollados y lo siguiente que sucederá será un cambio en su color, el cual dependerá del genotipo de cada variedad.

- **Días a la maduración fisiológica**

En esta variable se evidenció un valor mínimo de 90 días para la accesión Ecu-15413 (voluble) indicando así que es un cultivar precoz en relación a las demás accesiones que presentaron un valor máximo de 134 días las accesiones con esta característica son las siguientes: Ecu- 15416, Ecu-15429, Ecu-17133, Ecu-17162, Ecu17173, Ecu- 17218, Ecu-17312, Ecu-15401, Ecu-15412, Ecu-15428, Ecu-15501, Ecu-15504, Ecu-15507, Ecu-15511, Ecu-15516, Ecu-15524, Ecu-17331, Ecu- 17333, Ecu-17338, mixturiado 1, mixturiado 2, mixturiado 3, mixturiado 4, mixturiado 5, mixturiado 6 mixturiado 7, mixturiado 8, mixturiado 9, mixturiado 10, mixturiado 11, Yura Apa. Las cuales reportaron un mayor rendimiento debido a su mayor tamaño. El valor promedio fue 128.36 días y un coeficiente de variación de 9.29% (Tabla 23).

La diferencia existente entre días es posiblemente dada por las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla la variedad, se menciona que los factores climáticos influyentes en el desarrollo vegetal son la luz y la temperatura de la zona o lugar en el cual se cultivan.

Tabla 23

Medidas resumen para variables en estado de madurez fisiológica

Variable	Media	CV (%)	Valor Mínimo	Valor Máximo
Días a maduración fisiológica	128.36	9.29	90.00	134.00
Duración de la maduración fisiológica	42.56	16.95	22.00	56.00

- **Duración de la maduración fisiológica.**

Es el periodo de tiempo desde el comienzo de la madurez fisiológica hasta que las semillas alcanzan la madurez en el campo y las vainas pierden su color. La accesión Ecu-15557 presentó un valor mínimo de 22 días y un valor máximo de 56 días para las accesiones Ecu-15499, Ecu-15527, el valor promedio de 42.56 días y un coeficiente de variación de 16.95% (Tabla 23).

Con respecto a las variables en estado de madurez fisiológica existen diferencias ya que hubo accesiones que presentaron una floración temprana debido a su precocidad como son las variedades de hábito de crecimiento arbustivo. Los estudios realizados por Ulcuango (2018) muestran que la duración de la madurez fisiológica comprende entre 15 a 23 días independiente el hábito de crecimiento del fréjol.

4.1.1.4 En estado de Cosecha

La cosecha es la etapa final, el momento en que la semilla muestra un cierto rango de humedad y las plantas comienza a defoliarse. En esta etapa las vainas pierden el color que adquirieron en la madurez fisiológica y la semilla ha adquirido sus diferentes características. La cosecha en vaina seca se la puede realizar cuando la planta haya alcanzado completa madurez fisiológica y su semilla contiene una humedad aproximada de 18 a 20%.

- **Días a la cosecha**

Esta variable obtuvo valores mínimos de 124 días para las accesiones Ecu-17996, Ecu-15413, y un valor máximo de 185 días para la accesión, Ecu-15416 y un promedio de 170 días con un coeficiente de variación de 8.47% (Tabla 24).

Este factor puede variar de acuerdo a la variedad o al sitio de cultivo del fréjol. Según los estudios realizados por Peralta (2010) la temperatura para la maduración referente al cultivo de fréjol es de 18 a 20°C, esta variación de temperatura explica la diferencia existente entre los días de cosecha. La temperatura registrada en esta investigación fue de 15°C a 19°C corroborando así la diferencia de días.

Además, Esquivel- Esquivel et al., (2006) mencionan que la duración entre etapas fenológicas depende a su vez del hábito de crecimiento que tenga la variedad ya que eso es un factor por el cual existirá un mayor número de días. Una variedad arbustiva será más precoz que una variedad indeterminada o voluble estos datos se asemejan a lo visualizado

dentro de la investigación ya que accesiones de tipo arbustivo como la Ecu- 17996 presentó valores mínimos en comparación de las otras accesiones que eran de crecimiento voluble.

Tabla 24

Medida resumen para variables en estado de cosecha

Variable	Media	CV (%)	Valor Mínimo	Valor Máximo
Días a la cosecha	170.92	8.47	124.00	185.00
Longitud de las vainas (cm)	12.94	20.50	8.58	39.58
Ancho de las vainas (cm)	1.10	27.23	0.62	4.76
Largo de la semilla (cm)	1.45	47.66	1.00	5.60
Ancho de la semilla (cm)	1.08	21.46	0.60	1.53
Número de vainas (#)	45.37	42.03	6.00	114.00
Semilla por vaina (#)	5.49	16.12	2.00	8.00
Rendimiento por planta (g)	108.82	53.92	6.00	799.00
Peso de 100 simillas (g)	59.46	20.23	20.00	82.30

- **Longitud de las vainas**

Esta variable muestra un valor mínimo de 8.58cm correspondiente a la accesión ECU-15413 y un valor máximo de 39.58cm para la accesión ECU-17338, un valor promedio de 12.94cm y un coeficiente de variación de 20.50% (Tabla 24). La longitud de las vainas está dada o es influenciada por las características de cada genotipo y las condiciones climáticas. Investigaciones realizadas por Ligarreto y Martínez (2002) en Colombia obtuvieron vainas de 4 a 18 cm de longitud demostrando así que esta característica está ligada al genotipo o condiciones climáticas.

Además, esta variable es una característica propia de cada material, sin embargo, no es un factor determinante ya que por lo general las vainas más grandes tienen mayor rendimiento. Pero al mismo tiempo se pueden producir curvaturas las que originan roturas (Pumalpa, Cantaro, Estrada y Huaranga, 2020).

- **Ancho de las vainas**

En esta variable, se encontró que el valor mínimo enfoca a la accesión ECU- 15413 con 0.62 cm, el valor máximo de 4.76 cm para la accesión ECU-17173, el promedio de ancho de la vaina es de 1.10cm con un coeficiente de variación de 27.23% (Tabla 24).

La longitud y ancho de las vainas varían de acuerdo a la variedad que se utilice. Usualmente este no es un factor relevante, las vainas más largas son representantes de rendimientos mayores, pero cabe recalcar que vainas con mayor diámetro son propensas a romperse o formar curvaturas que pueden afectar al momento de cosechar y transportar.

- **Largo de la semilla**

Según Figueroa y Jaksic (2004) el tamaño de la semilla se ve en función del material almacenado, así como también de los tejidos o capas que lo envuelven, ya que estos comprenden distintas funciones como es la dispersión, protección y absorción de agua. Es así que el tamaño de la semilla dependerá del ambiente que lo rodea y de la adaptación de la semilla a esas condiciones.

Dentro de esta variable el valor mínimo obtenido es 1cm correspondiente a la accesión Ecu-15413 el valor máximo es 1.70 cm perteneciente a la accesión Ecu-17996, el valor promedio es 1.45cm y el coeficiente de variación es 47.66% (Tabla 24). Junto a esto se puede observar estudios realizados en el cantón Pelileo por Palate (2019) en su investigación de tres variedades de fréjol arbustivo observó variedades que obtienen un promedio de 1.79 cm a 2.27cm respecto a la longitud de la semilla, corroborando así que esto dependerá del ambiente en el que se encuentre.

- **Ancho de las semillas**

Dentro de esta variable se evidenció un valor mínimo de 0.6cm para las accesiones Ecu-15416, Ecu-15429, Ecu-17162, Ecu-17218, Ecu-17312, Ecu-15428, Ecu-15499, Ecu-15507, Ecu-15527, Ecu-15557, mixturiado 1, mixturiado 3, mixturiado 5, mixturiado 7 y un valor máximo de 0.90 cm para las accesiones Ecu-15401, Ecu-15510, Ecu-15516 con un valor promedio de 1.08 cm y un coeficiente de variación de 21.46% (Tabla 24).

Esto hace referencia a que existe una gran variabilidad genética en producción de semillas existiendo así una amplia diversidad en colores, formas y tamaños. El tamaño de la semilla dentro de cada especie vegetal es un factor que está ligado a la germinación y la emergencia de las plántulas de frejol, pues semillas de menor tamaño contienen reducidas cantidades de reservas que dificultan la germinación (Varela, Rueda y Munévar, 2010).

- **Número de vainas**

El número de vainas por planta se identifica como un componente asociado al rendimiento, el cual permite caracterizar formas cultivadas de fréjol. El número de vainas por planta es un carácter influenciado por el ambiente lo que determina el rendimiento final (Barrido et al., 2010).

El descriptor mostró un valor mínimo de 6 vainas por planta para la accesión mixturiado 7 y un valor máximo de 114 vainas por planta corresponde a la accesión mixturiado 4, el valor

promedio es 45.37 vainas por planta y con un coeficiente de variación de 42.03% (Tabla 24). Investigaciones realizadas en el valle del Chota arrojó resultados que muestran plantas con 17 a 23 vainas (Peralta, 2011).

Según López y Ligarreto (2006) el número de vainas por planta es uno de los caracteres de mayor importancia ya que va asociado al rendimiento y que se encuentra ligado por los efectos ambientales. Assefa et al., (2013) registran una disminución del número de vainas de hasta un 70% en función de la disponibilidad hídrica (cantidad de agua) determinando que en relación a poca cantidad de agua el número de flores disminuye por la que causa una disminución en las vainas.

- **Semillas por vaina**

Esta característica junto al número de vainas constituye un importante componente para el rendimiento en el cultivo de fréjol. A esto se suma el riego que es parte del manejo agronómico y por lo cual debe ser óptimo para el cultivo conjuntamente con otros factores los cuales permitan el máximo desarrollo de la planta (Silva, Bastos, Passos, Bastos, y Aleixo de Silva, 2011).

El resultado obtenido de la cantidad de semillas por vaina se muestra en la (Tabla 24), el valor mínimo de dos semillas corresponde a la accesión Ecu-15557 y un valor máximo de ocho correspondiente al mixturiado 6, con un promedio de 5 semillas por vaina y un coeficiente de variación de 16.12%. Estudios realizados por Vidal y Ruíz (2010) donde caracterizan variedades de fréjol común mencionan que el número de granos por vaina es de 3 a 5 granos dependiendo de cada variedad. Como lo menciona Tapia (1987) esta característica es heredable por lo cual se ve alterado en forma mínima por las condiciones ambientales.

- **Rendimiento por planta**

Este descriptor muestra un valor mínimo de 6 g/planta para la accesión Ecu-15557, mientras que un valor máximo de 799 g/planta para la accesión mixturiado 3 con un valor promedio de 108.82 g/planta y un coeficiente de variación de 53.92% (Tabla 24).

Se dice que las variaciones en rendimiento son relativamente congruentes con amplia diversidad. Esto puede darse debido a la variedad de genotipos incluidos en el estudio como son: origen, hábito de crecimiento y ciclo de cultivo lo cual difieren en el grado de adaptación a la localidad específica (Ibarra y Gastelum, 2008).

Según Peralta et al., (2005) la producción del fréjol está determinada por muchos factores bióticos y abióticos, que interactúan durante el ciclo vegetativo. Dentro de esto existen diferentes agentes que causan las principales reducciones en el rendimiento del fréjol cultivado.

- **Peso de 100 semillas**

El descriptor mostró que la accesión ECU-15413 presentó un valor mínimo de 20 gramos y un valor máximo de 82.30 gramos para la accesión ECU-15401, el valor medio es 59.46 gramos y el coeficiente de variación de 20.23% (Tabla 24). Si se clasifica a la semilla por base al peso obtendríamos algunas compilaciones como granos pequeños aquellas que pesan menor a 15 gramos, medianos de 15 gramos a 20 gramos, grandes de 20.1 gr a 25 gramos y muy grandes con peso superior a 25 gramos (Morales et al., 2019). De acuerdo a la clasificación dentro de la investigación se obtiene que la mayoría de accesiones se encuentra en un rango de semillas muy grandes.

Según Ligarreto (2013) las variables que están asociadas y pueden estar ligadas al tema de cosecha como es rendimiento, pesos de semilla, longitud y ancho de vainas, número de vainas, se reflejan de forma directa con la productividad de cada material todo esto dependen altamente de la eficiencia fotosintética de la planta y del potencial genético.

4.1.2 Variabilidad morfológica de datos cualitativos presentes en la colección

- **Hábito de crecimiento**

Dentro de la presente investigación referente al hábito de crecimiento se registraron tres tipos de crecimiento del tallo (Figura 29). Entre las cuales, trepador indeterminado predomina dentro de la colección con un 79% de presencia, sin embargo, es posible encontrar otros tipos de crecimiento en menos de un 20% de la colección (Tabla 25).

Tabla 25

Frecuencia presente en el hábito de crecimiento

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa (%)
Hábito de crecimiento	1	Arbustivo determinado	15	03
	2	Postrado indeterminado	105	18
	3	Trepador indeterminado	465	79



Figura 29. Hábitos de crecimiento presentes en la colección de fréjol
Nota: A) Trepador indeterminado; B) Postrado indeterminado (arbustivo)

- **Características de la Flor**

En cuanto a las características de la flor presentes en la colección se observó una amplia variabilidad respecto a colores tanto para alas y estandarte (Figura 30). Con respecto al color de las alas se registró cinco colores, en el cual el color violeta predomina con un 64% a nivel de la colección, sucesivamente el color blanco con un 21% además, que es posible encontrar colores amarillo, púrpura y naranja en menos del 10% de la colección.

Por otra parte, dentro de la característica color de estandarte se registró siete colores en el cual el verde es el color más predominante con un 31% de presencia en la colección, seguida del color púrpura 28% y violeta 21% respectivamente, con lo siguiente al hablar de la quilla se obtuvo registro de tres colores en el cual el 95% de las accesiones presentes dentro de la colección presentan un color verde (Tabla 26).

Tabla 26

Frecuencia de las características cualitativas de la flor

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa (%)
Color de las alas	1	Blanco	120	21
	2	Violeta	375	64
	3	Amarillo	30	05
	4	Púrpura	15	03
	5	Naranja	45	08
Color del estandarte	1	Blanco	15	03
	2	Marrón claro	30	05
	3	Violeta oscuro	30	05
	4	Violeta	120	21
	5	Rosa azulado	45	08
	6	Verde	180	31
	7	Púrpura	165	28
Color de la quilla	1	Violeta oscuro	15	03
	2	Violeta	15	03
	3	Verde	555	95

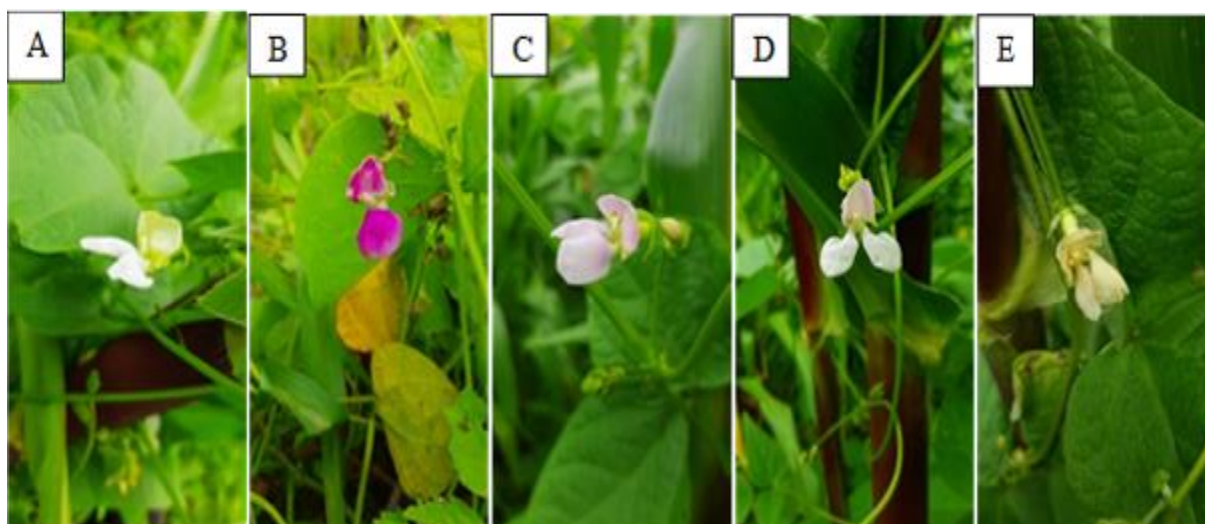


Figura 30. Colores de la flor presentes en la colección de fréjol

Nota: A). alas de color blanco, estandarte verde; B). alas de color violeta, estandarte violeta; C). alas de color púrpura, estandarte púrpura; D). alas de color naranja, estandarte color rosa azulado; E) alas de color amarillo, estandarte marrón claro; el color de la quilla obtuvo en su mayoría verde.

- **Forma y color de las vainas**

Respecto a las características de las vainas en cuanto al color registrado en la etapa de maduración se evidenció dos colores dentro del cual el color verde predominó en la mayoría de accesiones con un 87%, seguido de un 13% para el color verde claro (Figura 31). Por su parte la forma de la vaina presentó tres características en la cual predomina con un 51% de la colección la forma medianamente curva, seguido de la forma recta en un 26% y 23% fue de forma curvada (Figura 32) (Tabla 27).

Tabla 27

Frecuencia para color y forma de la vaina

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa (%)
Color de la vaina	1	Verde	510	87
	2	Verde claro	75	13
Forma de la vaina	1	Recta	150	26
	2	Medianamente curva	300	51
	3	Curvado	135	23



Figura 31. Colores de la vaina en su madurez fisiológica

Nota: figura A). color verde; figura B). color verde claro



Figura 32. Formas de la vaina presentes en la colección de fréjol.

Nota: Figura A). forma recta; figura B). forma medianamente curva; figura C). forma curva.

- **Características de la semilla**

- a) **Color primario**

En cuanto a las características cualitativas más representativas de las semillas, desde la perspectiva del color principal se obtuvo registro de once colores, sobre los cuales el color marrón claro con un 20% predomina dentro de la colección (Figura 33), seguido con el 16% el color púrpura grisáceo. Sin embargo, es posible encontrar colores negros, verde, rojo oscuro, rojo violáceo, marrón oscuro y blanquizco en menos del 15% de la colección (Tabla 28).

Tabla 28

Frecuencia para el color primario de la semilla de fréjol.

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Color Principal de la semilla	1	Negro	60	10
	2	Verde a Oliva	30	05
	3	Purpura	15	03
	4	Marrón claro	119	20
	5	Rojo oscuro	60	10
	6	Purpura grisáceo	91	16
	7	Rojo violáceo oscuro	30	05
	8	Rojo grisáceo	15	03
	9	Purpura grisáceo oscuro	15	03
	10	Marrón obscuro	60	10
	11	Blancuzco	90	15

b) Color secundario y distribución.

Siguiendo con el color secundario (Tabla 29) dentro de la investigación se evidenció que en un 31% de accesiones pertenecientes a la colección exponen una ausencia de color (Figura 33). Sucesivamente el color blancuzco presente en un 18% y el color marrón claro con un 15% respectivamente. Además, dentro de la colección se puede evidenciar colores negros, púrpura, púrpura grisácea, marrón pálido obscuro, plomo oscuro, púrpura grisáceo oscuro en menos del 13% de la colección.

Por su parte para la característica distribución del color secundario se obtuvo un registro de doce clases. En las que el 31% de la colección al no presentar color secundario estos carecen de una distribución (Figura 33). Continuando así con una distribución a rayas presentes en un 18% de la colección y la distribución manchado bicolor con 13% respectivamente (Tabla 29.)

Tabla 29

Frecuencia para el color secundario y su distribución dentro de la semilla de fréjol

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Color Secundario de la semilla	1	Ausente	180	31
	2	Negro	75	13
	3	Purpura	15	03
	4	Marrón claro	90	15
	5	Purpura grisáceo	45	08
	6	Marrón pálido obscuro	45	08
	7	Plomo oscuro	15	03
	8	Purpura grisáceo oscuro	15	03
	9	Blancuzco	105	18

Distribución del color secundario de la semilla	1	Ausente	180	31
	2	Manchas a un extremo de la semilla	15	03
	3	Bicolor con rayas	15	03
	4	Alrededor del hilum	45	08
	5	A rayas	105	18
	6	Romboide manchado	30	05
	7	Punto	15	03
	8	Moteado circular	15	03
	9	Color al margen	15	03
	10	Rayas anchas	45	08
	11	Bicolor	30	05
	12	Manchado bicolor	75	13

c) Forma de la semilla.

Finalmente, se obtuvo cuatro formas de semilla en donde la forma alargada ovoidea fue la más predominante con un 36% de presencia en la colección (Figura 33). Seguida de la forma elíptica con un 31% y de la arriñonada, recta del lado del hilo en un 26% (Tabla 30).

Tabla 30

Frecuencia para la forma de semilla de Fréjol

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Forma de la semilla	1	Ovoide	60	10
	2	Elíptica	180	31
	3	Alargada ovoidea	210	36
	4	Arriñonada, recta del lado del hilo	135	26



Figura 33. Características de la semilla presentes en la colección de fréjol.

Nota: A) Color principal (rojo oscuro); B) Color secundario (negro); C) Distribución del color secundario (moteado circular); D) Forma de la semilla (arriñonada recta en el lado del hilum).

4.2 Análisis de agrupamiento de 39 accesiones de fréjol de la provincia de Imbabura.

A través del análisis de agrupamiento jerárquico de Ward y la distancia similar de Gower se identificó la conformación de tres grupos (Figura 34), con un coeficiente cofenético de 0.534 valor que indica que la estructura de datos no tiene distorsión. Usualmente el valor esta entre 0.6 y 0.95 lo que indican que hay una buena representación del Dendrograma (Gutiérrez, Gonzáles, Torres, y Gallardo, 1994).

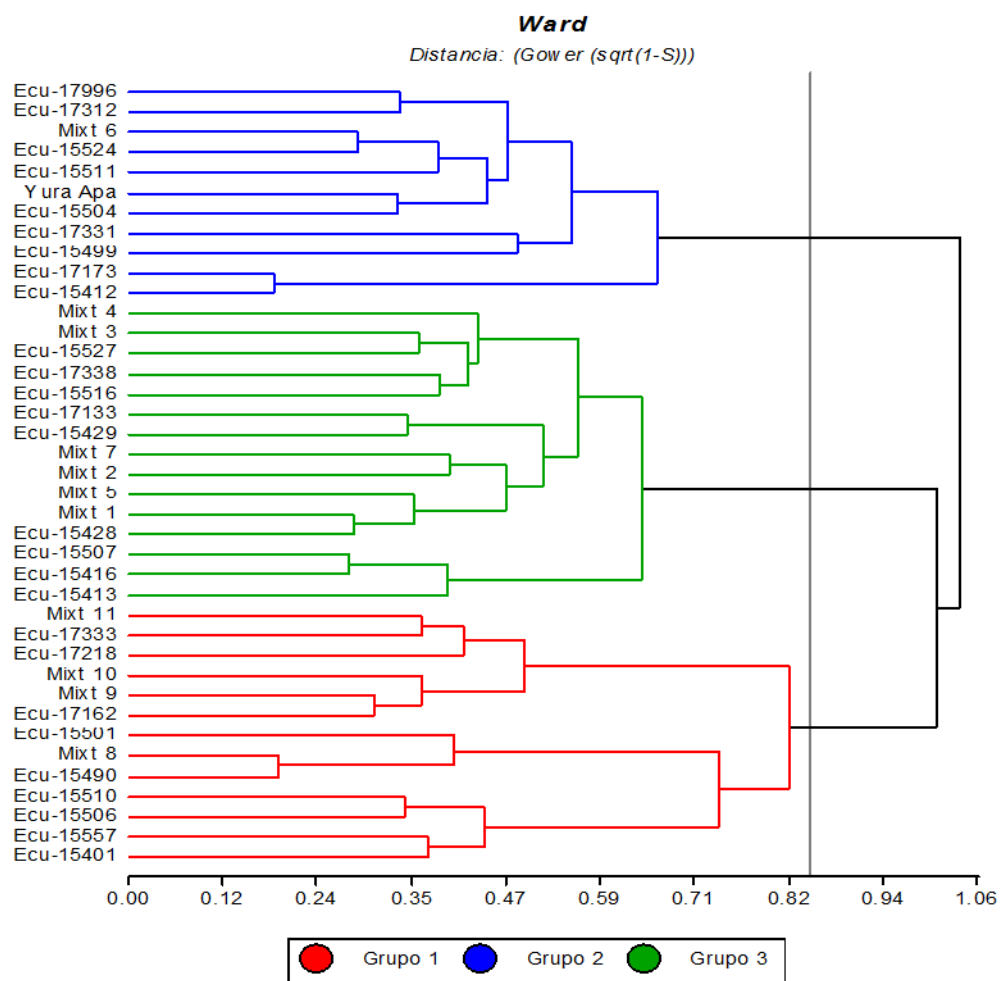


Figura 34. Dendrograma de las accesiones de fréjol evaluadas.

Nota: Obtenido mediante el análisis de conglomerados para las variables cuantitativas y cualitativas en treinta y nueve accesiones de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) basadas en las distancias genéticas de Gower

Grupo 1. El grupo 1, representado por 13 accesiones procedentes del cantón Cotacachi de las localidades de Quiroga (3), Imantag (1), Anrabí (1), Chilcapamba (1), San Francisco (1), Sagrario (1), el siguiente lugar es Ibarra en el cual se recolectaron en; San Antonio (2) Salinas (2) y Iltaqi (1) (Tabla 31).

Grupo 2. En el grupo 2, se encuentra el menor número de accesiones recolectadas, el lugar de recolección fue en las localidades del cantón Cotacachi: Quiroga (5), Sagrario (4), Imantag (1) y en el cantón Ibarra; San Antonio (1) (Tabla 31).

Grupo 3. En el grupo 3, se encuentran el mayor número de accesiones provenientes del cantón Cotacachi: Sagrario (6), San Francisco (5), Quiroga (2), y el cantón Ibarra; San Antonio (2) (Tabla 31).

Tabla 31

Lista de accesiones por grupos definidos en la colección de germoplasma de fréjol de Imbabura.

GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
Accesión	Localidad	Accesión	Localidad	Accesión	Localidad
Ecu-17333	Sagrario	Ecu-17996	San Antonio	Ecu-15527	Sagrario
Ecu-17218	San Antonio	Ecu-17312	Quiroga	Ecu-17338	Sagrario
Ecu-17162	San Antonio	Ecu-15524	Sagrario	Ecu-15516	Sagrario
Ecu-15501	Quiroga	Ecu-15511	Quiroga	Ecu- 17133	San Antonio
Ecu-15490	Itaqui	Ecu-15504	Quiroga	Ecu-15429	San Francisco
Ecu-15510	Salinas	Ecu-17331	Sagrario	Ecu-15428	San Francisco
Ecu-15506	Quiroga	Ecu-15499	Quiroga	Ecu-15507	San Francisco
Ecu-15557	Salinas	Ecu-17173	Imantag	Ecu-15416	San Antonio
Ecu-15401	San Francisco	Ecu-15412	Quiroga	Ecu-15413	Sagrario
Mixturiado 8	Anrabí	Mixturiado 6	Sagrario	Mixturiado 1	Quiroga
Mixturiado 9	Chilcapamba	Yura Alpa	Sagrario	Mixturiado 2	Quiroga
Mixturiado 10	Quiroga			Mixturiado 3	San Francisco
Mixturiado 11	Imantag			Mixturiado 4	San Francisco
				Mixturiado 5	Sagrario
				Mixturiado 7	Sagrario

4.3 Valores discriminantes para los caracteres cualitativos y cuantitativos de las accesiones en la colección de fréjol.

A los valores estadísticos de los descriptores que proporcionan valores discriminantes tanto cualitativos y cuantitativos se realizaron pruebas estadísticas. Las cuales permitieron identificar descriptores discriminantes que aportaron en la diferenciación de conglomerados los cuales se describen a continuación.

4.3.1 Caracteres cuantitativos discriminantes

Las características cuantitativas mostraron la variabilidad de la colección y la relación entre cada grupo, a través de la prueba de Fisher al 5% se identificaron 12 variables cuantitativas que contribuyeron a la identificación entre grupos (Tabla 32).

Tabla 32

Valores promedio para los caracteres cuantitativos de los tres grupos de fréjol

Descriptor	G1	G2	G3	CV	P- Valor
D2- Porcentaje de emergencia	75.31 ±0.76A	87.91 ±0.82B	90.27 ±0.71C	12.50	<0.0001
D3-Días a la floración	89.39 ±0.91B	85.27 ±0.99A	85.20 ±0.84A	14.61	0.0010
D13- Ancho de la hoja	9.90 ±0.18A	11.26 ±0.19B	9.82 ±0.16A	24.14	<0.0001
D14-Longitud de la hoja	11.17 ±0.21A	12.99 ±0.23B	11.33 ±0.20A	25.37	<0.0001
D15-Área foliar	86.59 ±2.72A	112.44 ±2.96B	86.81 ±2.53A	40.41	<0.0001
D19-Duración de la maduración	43.77 ±0.51B	40.91 ±0.56A	42.73 ±0.48B	16.77	00008
D27- Número de vainas	38.57 ±1.32A	48.17 ±1.44B	49.21 ±1.23B	40.73	<0.0001
D30- Peso 100 semillas	67.15 ±0.68C	62.67 ±0.74	50.45 ±0.64A	16.05	<0.0001
D31- Longitud de la vaina	13.38 ±0.19B	12.91 ±0.21AB	12.58 ±0.18A	20.37	0.0089
D32- Ancho de la vaina	1.18 ±0.02B	1.15 ±0.02B	1.00 ±0.02A	26.20	<0.0001
D33-Longitud de la semilla	1.41 ±0.05A	1.72 ±0.05B	1.29 ±0.04A	46.15	<0.0001
D34- Ancho de la semilla	0.72 ±0.16A	0.73 ±0.18A	1.64 ±0.15B	210.95	<0.0001

a) Porcentaje de emergencia

Con respecto a esta característica, la diferencia en el tercer grupo es la tasa de emergencia de semillas, es la más alta con 90.27%. Mientras que el valor del primer grupo es 75.31% y el promedio del segundo grupo es 87.91% (Tabla 32).

b) Días a la Floración

Las accesiones del grupo obtuvieron un tiempo de floración más largo 89 días. Mientras tanto el promedio de los grupos 2 y 3 fue respectivamente de 85 días un periodo más corto (Tabla 32).

c) Ancho de la hoja

El ancho de la hoja indicó que el valor máximo es acreedor al segundo grupo con un promedio de 11.26 cm. En tanto que el primer y tercer grupo obtuvieron hojas con un valor promedio de 9 cm (Tabla 32).

d) Longitud de la hoja

En el segundo grupo, se evidenció que la longitud de hoja más larga es de 12 cm. Mientras que los resultados mostrados en el primer y tercer grupo fueron similares, considerándose pequeño un promedio de 11 cm (Tabla 32).

e) Área Foliar

Para esta característica el segundo grupo mostró un área foliar mayor con un promedio de 112.44 cm². Seguido del primer y tercer grupo, los cuales mostraron un área foliar similar de 86 cm² (Tabla 32).

f) Duración de la maduración

Respecto a la duración de la maduración fisiológica, el primer grupo obtuvo aproximadamente 43 días. Referente al segundo grupo con un número promedio de 40 días y el tercer grupo con un promedio de 42 días (Tabla 32).

g) Número de Vainas

En cuanto al número de vainas por planta, el tercer grupo obtuvo un promedio de 49 vainas, lo cual no aporta significancia frente al segundo grupo que tuvo 48 vainas por planta. Mientras que en el primer grupo se observaron datos significativos ya que su promedio fue de 38 vainas por planta un valor menor respecto a los grupos 2 y 3 (Tabla 32).

h) Peso de 100 semillas

Esta característica estuvo relacionada con el tamaño de la semilla. El primer grupo muestra un rango mayor alrededor de 70 gramos, comparado con el segundo y tercer grupo que cuentan con un rango promedio de 50 a 62 gramos (Tabla 32).

i) Longitud de la vaina

Dentro de este carácter no se observaron grandes diferencias. El segundo y tercer grupo la longitud promedio fue 12.58 a 12.91 cm, respecto al primer que obtuvo 13.38 cm respectivamente (Tabla 32).

j) Ancho de la vaina

En cuanto al ancho de la vaina el primer grupo contó con un promedio de 1.18 cm, que es diferente al resultado promedio del Grupo 2 y 3 los cuales obtuvieron valores entre 1 a 1.15 cm respectivamente. Esto está relacionado con el tamaño de la semilla (Tabla 32).

k) Longitud de la semilla

Este descriptor muestra que el nivel promedio del segundo grupo es mayor a los otros grupos, obteniendo un valor de 1.72 cm. Las accesiones del Grupo 1 obtuvieron un promedio de 1.41 cm y el Grupo 3 un promedio de 1.29 cm (Tabla 32).

l) Ancho de la semilla

Los descriptores característicos de la semilla indican que el tercer grupo presentó semillas grandes, obteniendo promedio de 1.6 cm. Mientras que el rango promedio presentado por el primer y segundo grupo es de 0.72 a 0.73 cm (Tabla 32).

4.3.2 Caracteres cualitativos discriminantes

Para determinar el valor discriminante de las características cualitativas se aplicó la prueba de Chi (X^2), estableciendo así siete caracteres distintivos. Estos son caracteres significativos ya que obtuvieron un valor alto de Chi (X^2) obteniendo así: el color primario de la semilla, color secundario de la semilla, distribución del color secundario, la forma de la semilla, color de las alas de la flor, color del estandarte de la flor y forma de la vaina (Tabla 33). La descripción del comportamiento de cada grupo respecto a las variables se detalla en los siguientes apartados:

Tabla 33

Descriptores cualitativos discriminantes identificados en la colección de fréjol de Imbabura

Descriptor	Chi ²	Gl	Valor Cramer	Coefficiente Pearson	P-valor
D24-Color secundario de la semilla	778.59	16	0.67	0.76	<0.0001
D25-Distribucion color secundario	574.85	22	0.57	0.70	<0.0001
D23-Color principal de la semilla	533.29	20	0.55	0.69	<0.0001
D26- Forma de la semilla	340.27	6	0.44	0.61	<0.0001
D7-Color de las alas (flor)	319.25	8	0.43	0.59	<0.0001
D8- Color de estandarte(flor)	266.61	12	0.39	0.56	<0.0001
D22- Forma de la vaina	232.75	4	0.36	0.53	<0.0001

- **Color de las Alas**

Respecto al color de las alas de la flor (Figura 35), el Grupo 3 se diferencia por presentar el 100% alas de color violeta. Por otra parte, el Grupo 1 presentó tres colores, 54% alas de color violeta, el 38% son color blancas y el 8% son de color naranja. Mientras que el Grupo 2 presenta las cinco coloraciones obteniendo así 27% de color blancas y violetas, 18% de color naranja y amarillas y el 9% obtienen color purpura (Figura 36).

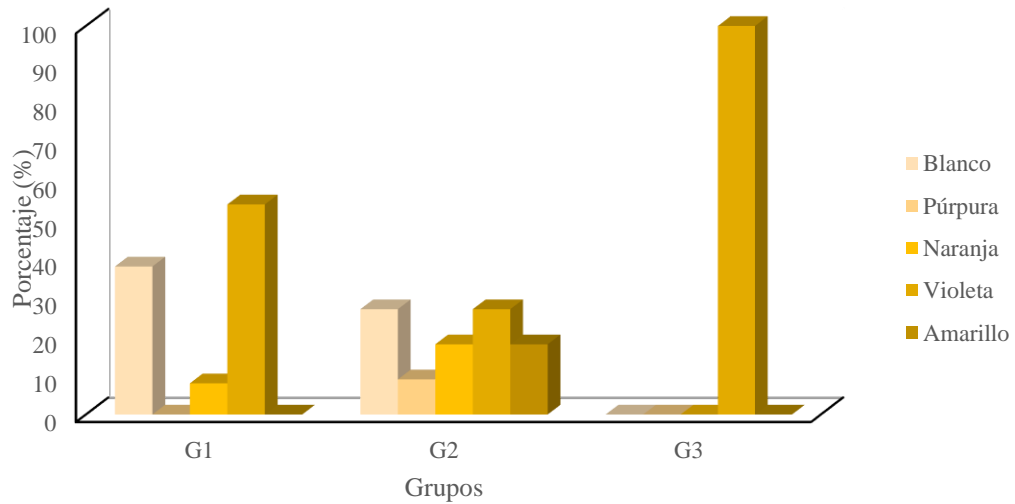


Figura 35 Porcentaje de colores de la flor más discriminantes de la colección de fréjol de Imbabura

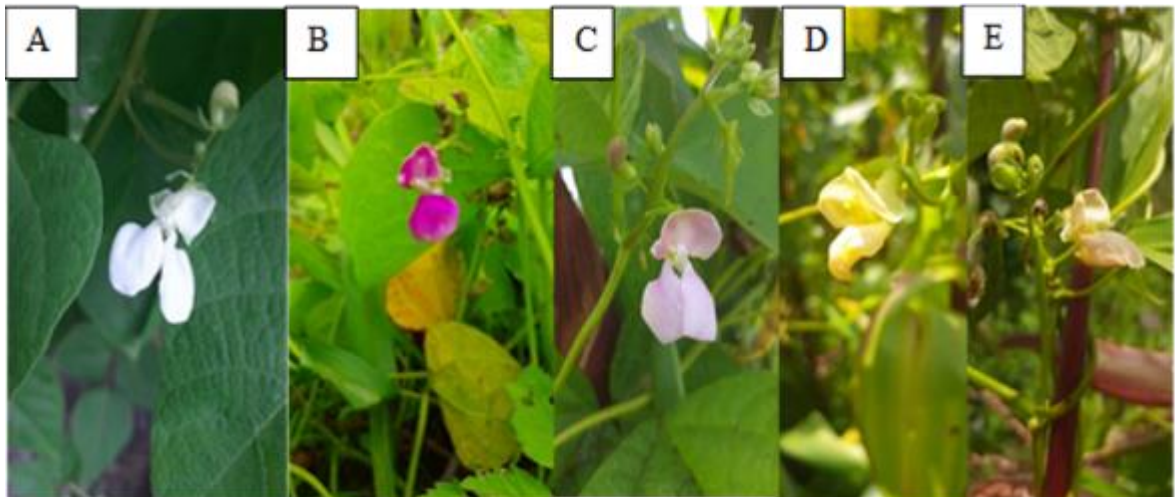


Figura 36. Color de las alas de la flor presentes en la colección.

Nota: A). alas de color Blanco; B). alas de color Violeta; C). alas de color Púrpura; D). alas de color Amarillo; E). alas de color anaranjado.

- **Color del Estandarte**

En cuanto al color del estandarte en todos los grupos (Figura 37) estuvo presente la coloración verde. Sin embargo, en el primer grupo se evidenció que existió presencia del color verde con un 54% a referencia del grupo 2 y 3 resultando ser el más predominante. Además, es posible encontrar colores: púrpura en un 23%, marrón claro, violeta y violeta oscuro con un 23% respectivamente. En el segundo grupo el color predominante resulto ser el violeta en un 45% seguido de un 27% de color verde, el 9% se caracteriza por el estandarte blanco y púrpura y el 10% restante es de color violeta oscuro. Finalmente, en el tercer grupo el 47% de las flores obtuvieron estandarte de color púrpura seguido de los colores verde, violeta, rosa azulado con un 39% y el 14% restante estuvo compuesto por flores con estandartes color marrón claro y violeta oscuro (Figura 38).

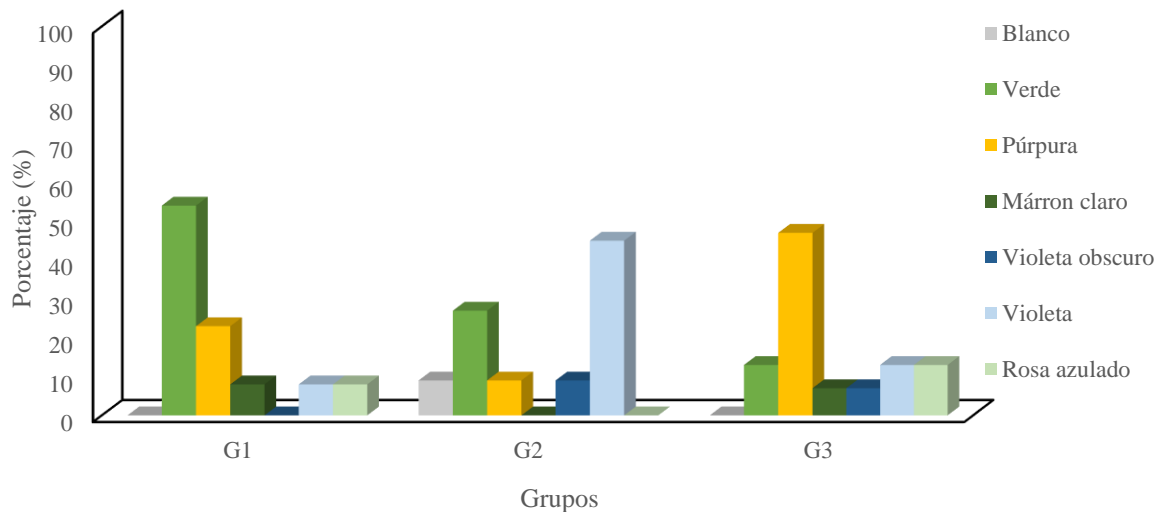


Figura 37. Porcentaje de colores del estandarte en la flor más discriminante de la colección de fréjol de Imbabura

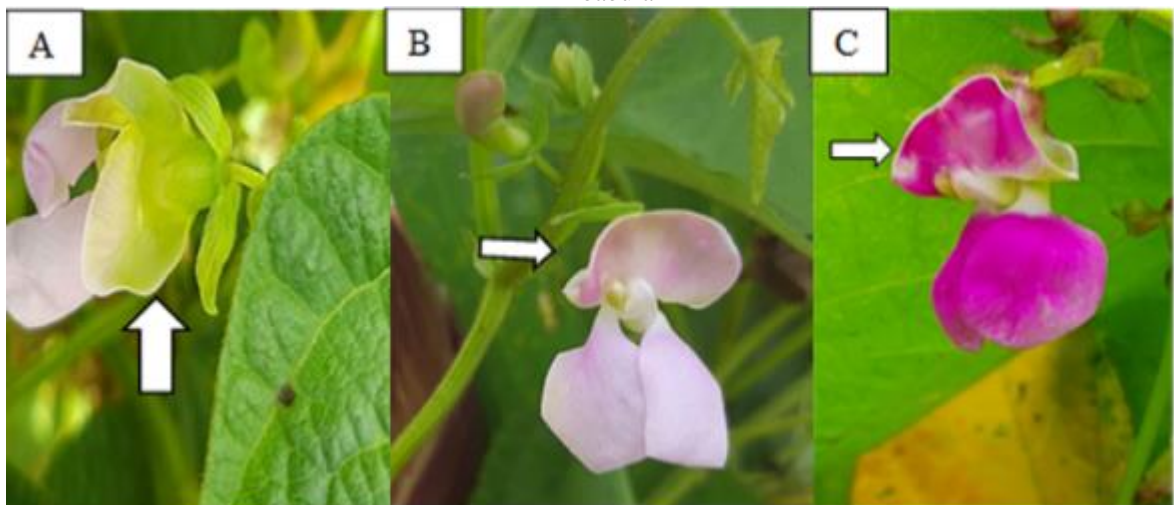


Figura 38. Colores predominantes del estandarte presentes en la colección de fréjol.

Nota: A). estandarte color Verde; B). estandarte color Violeta; C) estandarte color Púrpura.

- **Forma de la vaina**

Respecto a esta característica en los cultivos las vainas expresaron tres formas diferentes (Figura 40), las podemos encontrar rectas, moderadamente curvas, curvas y semicurvas. Con respecto al primer grupo se evidenció un 62% vainas de forma recta y 38% vainas medianamente curvadas. El grupo 2 presentó un 64% vainas medianamente curvadas, 27% vainas curvas y 9% vainas rectas. Por otro parte, en el Grupo 3 se evidenció que el 53% de las vainas obtuvieron la forma medianamente curva, el 40% de las vainas curvas y el 7 % de las vainas rectas (Figura 39).

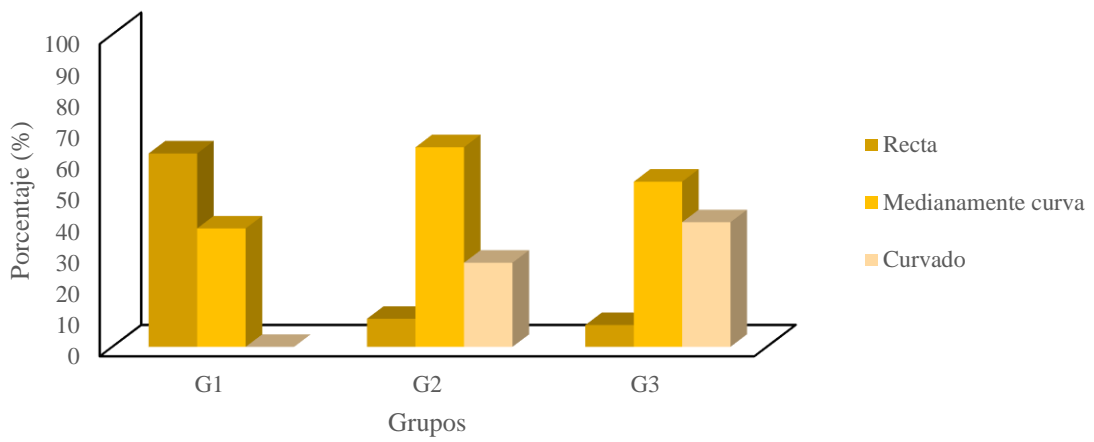


Figura 39. Porcentaje en que se presenta las formas de la vaina en el cultivo del fréjol



Figura 40. Forma de la vaina presente en la colección de fréjol.

Nota: A). forma recta; B). forma medianamente curva; C). forma curvada

- **Color principal de la semilla**

Dentro del color dominante o principal de las semillas se observó, que el primer grupo se caracterizó por presentar 7 colores (Figura 41). De los cuales el color rojo oscuro obtuvo

presencia en un 31% de las accesiones siendo así el más predominante. Seguido por una gama de colores marrón claro, púrpura grisácea, púrpura, rojo violáceo oscuro, negro y marrón claro los cuales estuvieron presentes en menos del 25% de la colección (Figura 42).

Por otra parte, en el segundo grupo se observa que el 36% de las accesiones obtuvieron un color blancuzco, el 27% son púrpura grisácea, el 18% verde oliva, un 18% pertenecieron al color marrón oscuro y rojo violáceo oscuro con un 9% (Figura 41). Finalmente, el grupo tres presenta un 54% de semillas marrón claro, un 27% obtuvo color púrpura grisáceo. Dentro de la colección el color negro está presente en un 20%, y el color blancuzco con 13%, un 14% presentó color rojo grisáceo y el 7% púrpura grisáceo oscuro estuvo presente en la colección (Figura 41).

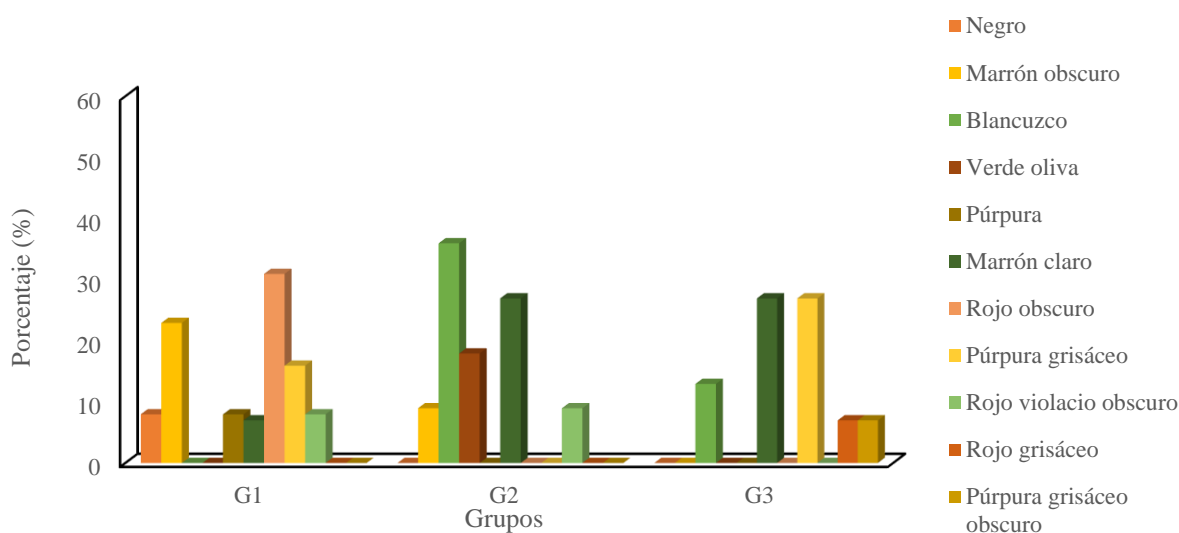


Figura 41. Frecuencia del color principal de la semilla

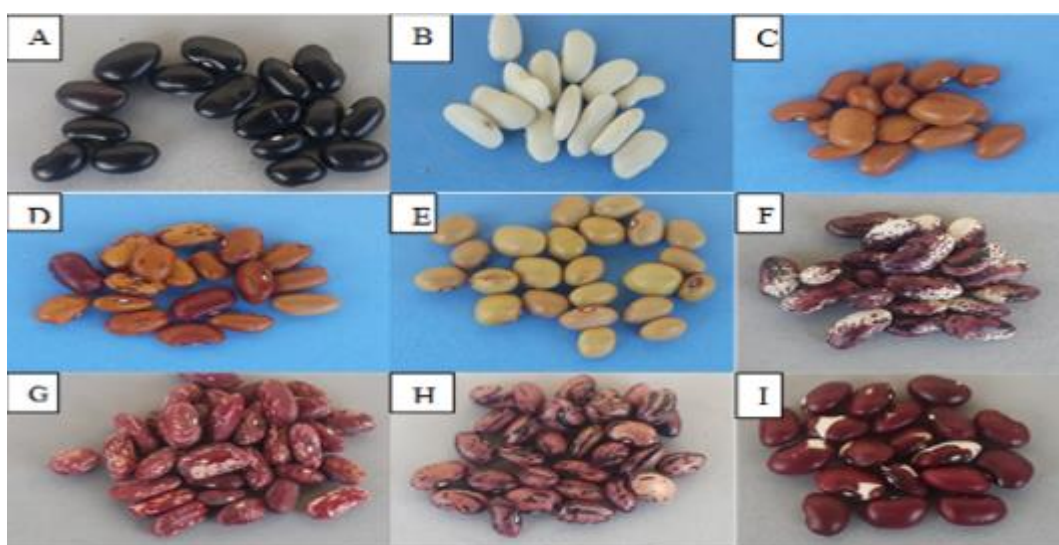


Figura 42. Color principal de la semilla presentes en la colección de fréjol.

Nota: A). Negro, B). Blancuzco, C). Marrón oscuro, D). Marrón claro, E). Verde oliva, F). Púrpura, G). Rojo oscuro, H). Púrpura grisácea, I). Rojo púrpura grisácea.

- **Color secundario de la semilla**

Respecto a este descriptor se evidenció una diferencia dentro del grupo 2 con respecto al grupo 1 y 3 (Figura 43), en el que se pudo observar que dentro de la colección sobresalen la característica de ausencia respecto al color secundario en un 82%. Además, se observaron una variedad de colores (Figura 44) como son púrpura en un 18% y plomo oscuro 9%.

Por otra parte, en el grupo 1 en su gran mayoría presentó accesiones de color blancuzco con un 46%, tomando en cuenta que el 31% de accesiones presentaron un color marrón claro y por ende el 23% restante un color marrón pálido oscuro. Adjuntando así que en el grupo 3 se observó una variación de colores entre ellos el color; negro 33%, púrpura grisácea 20%, marrón claro 13%, blancuzco con un 14% y purpura grisáceo oscuro con un 7%, determinando así que dentro de este grupo existió en un 20% la característica ausente respecto al color secundario en la colección.

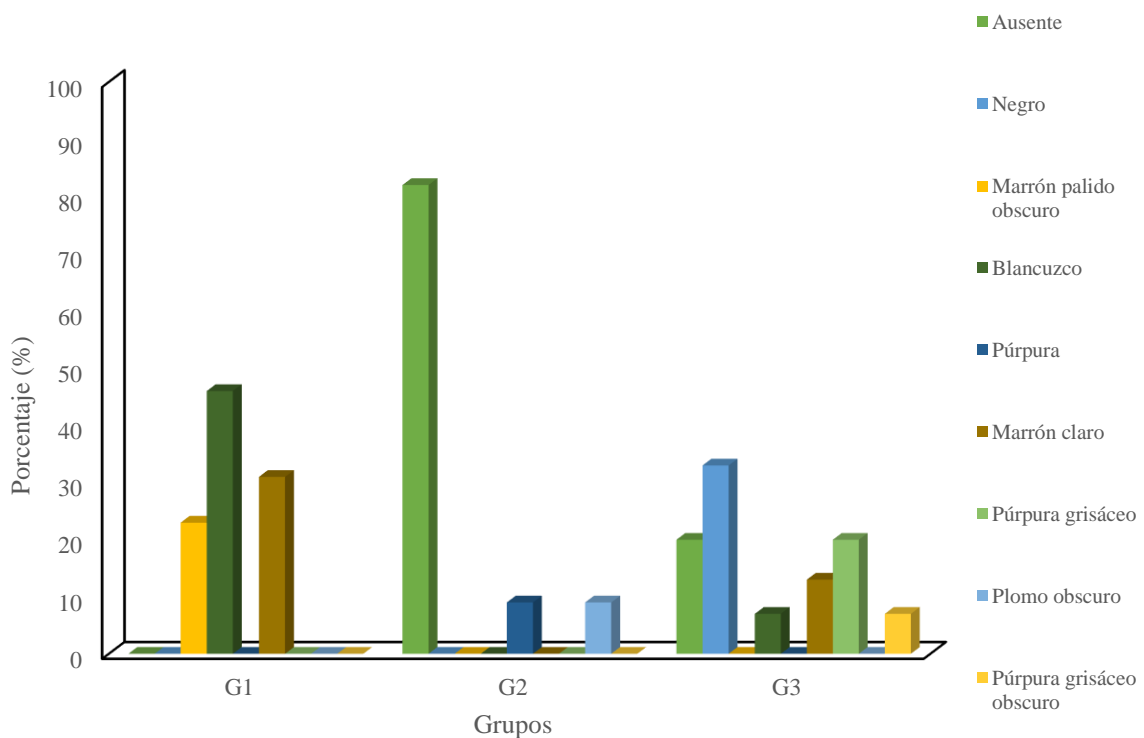


Figura 43. Frecuencia del color secundario en la semilla



Figura 44. Color secundario de la semilla de presentes en la colección de fréjol.

Nota: A). Ausencia de color secundario, B). Negro, C). Marrón pálido obscuro, D). Blancuzco, E). Púrpura, F). Marrón claro, G). Púrpura grisácea, H). Plomo oscuro

- **Distribución del color secundario**

En el grupo 1, se observó que el 38% de las entradas obtuvieron una distribución del color secundario en las semillas en forma de rayas (Figura 45), el 23% presentó una distribución manchado bicolor y el 40% una distribución romboide manchado. El moteado circular, bicolor, bicolor con rayas y alrededor del hilum (Figura 46) cada uno presentó un 8% respectivamente. Por otra parte, dentro del grupo 2 un 82% de las semillas carece de una distribución debido a que no presentaron un color secundario. Seguido de un 18% cuales mostraron una distribución manchado bicolor y menos del 10% presentó manchas a un extremo de la semilla. Respecto al grupo 3 existió un bajo porcentaje de ausencia de color secundario a comparación del grupo 2 con un 20%, comparando con los dos grupos se evidenció una variación en la distribución obteniendo resultados de 20% rayas anchas, 26% a rayas, un 13% alrededor del hilum, un 28% con distribución romboide manchado. La distribución en punto, el color al margen, distribución bicolor y manchado bicolor se obtuvo en un 7%.

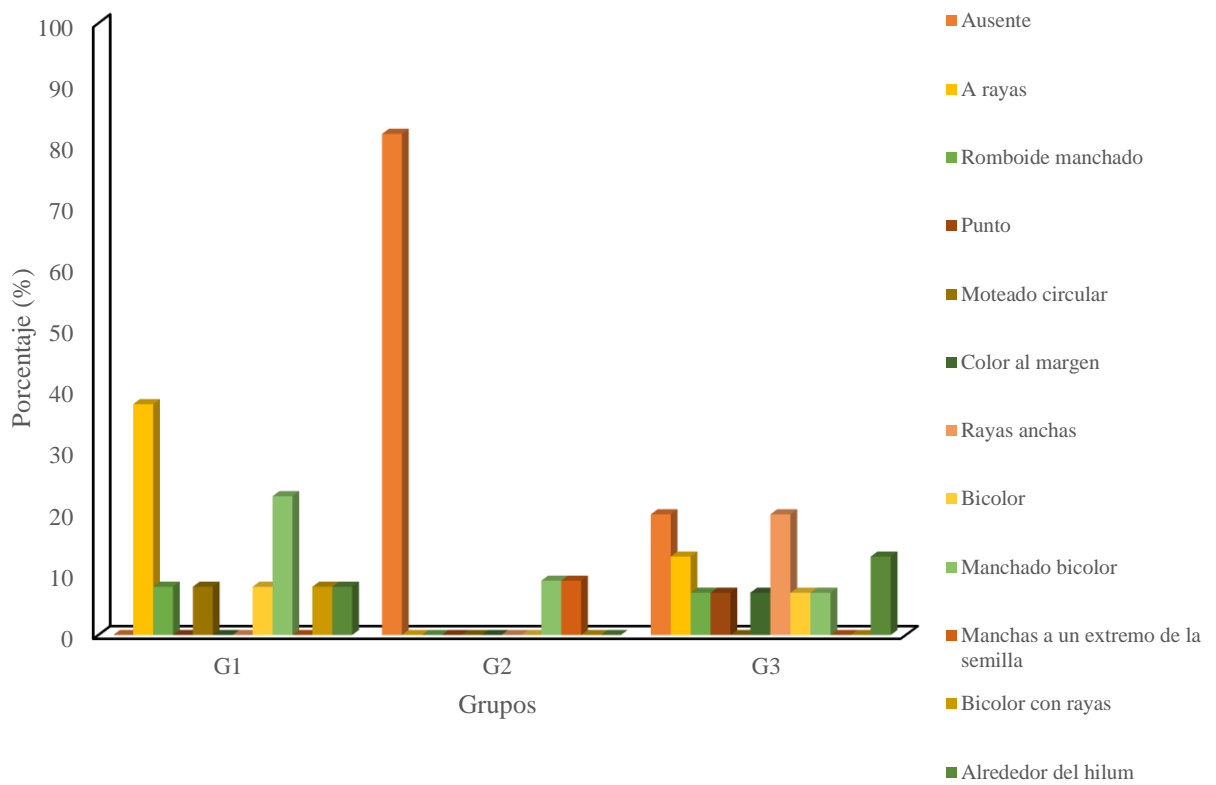


Figura 45. Frecuencia según la distribución del color secundario presentes en la colección de fréjol.



Figura 46. Distribución del color secundario de la semilla presentes en la colección de fréjol.

Nota: A). rayas, B). Romboide manchado, C). Punto, D). Moteado circular, E). Color al margen, F). Rayas anchas, G). Bicolor, H). Manchado bicolor

- **Forma de la semilla**

Con relación a la forma de la semilla se observó cuatro categorías (Figura 48). Además, que en todos los grupos se encontró semillas con forma alargada ovoidea (Figura 47). Sin embargo, en el grupo 3 existió un porcentaje mayor con un 80% de presencia para la forma alargada ovoidea, siguiendo así con un 13% de semillas elípticas y un 7% de semillas obtuvieron la forma ovoide. Por consiguiente, en el grupo 1 se observó una igualdad entre las semillas con forma elíptica y arriñonada, recta en el lado del hilo con un 38%, el 15% obtuvo una forma alargada, ovoidea y el 8% con forma ovoide. Mientras que el grupo 2 el 45% de las accesiones presentó una forma elíptica, el 36% obtuvo una forma arriñonada, recta en el lado del hilo, y el 18% con forma ovoide.

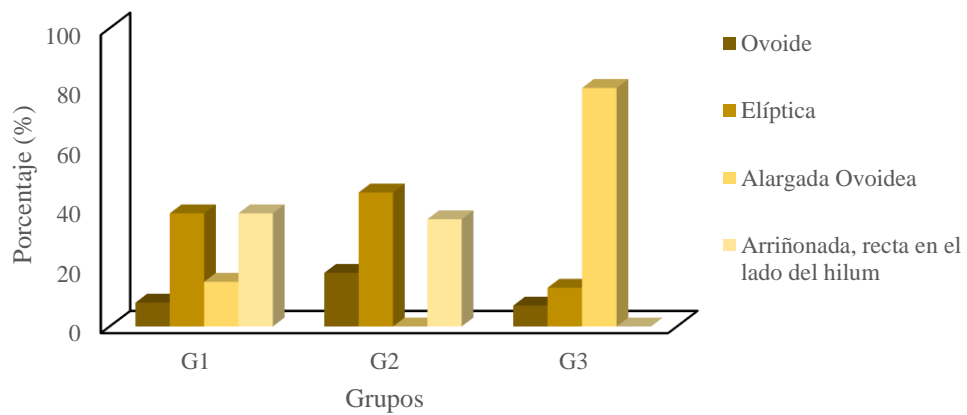


Figura 47. Frecuencia según la forma de su semilla



Figura 48. Forma de la semilla presentes en la colección de fréjol

Nota: A). Ovoidea, B). Elíptica, C). Alargada ovoidea, D). Arriñonada recta en el lado del hilum.

4.4 Identificación de Morfotipos.

Mediante el análisis de agrupamiento jerárquico de Ward, se obtuvieron tres grupos de entradas, entre los que se identificaron 11 morfotipos. En el primer grupo, se identificaron tres morfotipos M1, M2, M3 y se evaluaron los detalles de sus rasgos (Figura 49).

- **Morfotipo 1.** Este morfotipo se encuentra representado por seis accesiones: mixturiado 11, Ecu-17333, Ecu-17218, mixturiado 10, mixturiado 9, Ecu-17162, las características que destacaron en este grupo son: la presencia de un color violeta en la flor (alas), hábito de crecimiento trepador indeterminado, obteniendo vainas con forma recta. En cuanto a las semillas obtuvieron un color rojo oscuro grisáceo y como color secundario blancuzco presentaron distribución en manchado bicolor, además, de una forma arriñonada, recta en el lado del hilum (Tabla 34).
- **Morfotipo 2.** Este grupo está compuesto por tres accesiones: Ecu-15501, mixturiado 8, Ecu-15490, las diferencias entre este morfotipo con el M1, se evidenció en la forma de sus vainas medianamente curvas. La semilla presentó un color marrón oscuro, además, de una forma elíptica. También obtuvieron un color secundario marrón claro con una distribución a rayas (Tabla 34).
- **Morfotipo 3.** Este morfotipo cuenta con cuatro accesiones: Ecu-15510, Ecu-15506, Ecu-15557, Ecu-15401. Se caracterizó por la blancura en sus flores (alas), se diferencia del M1 y M2 por el contorno de la semilla es elíptica (Tabla 34).

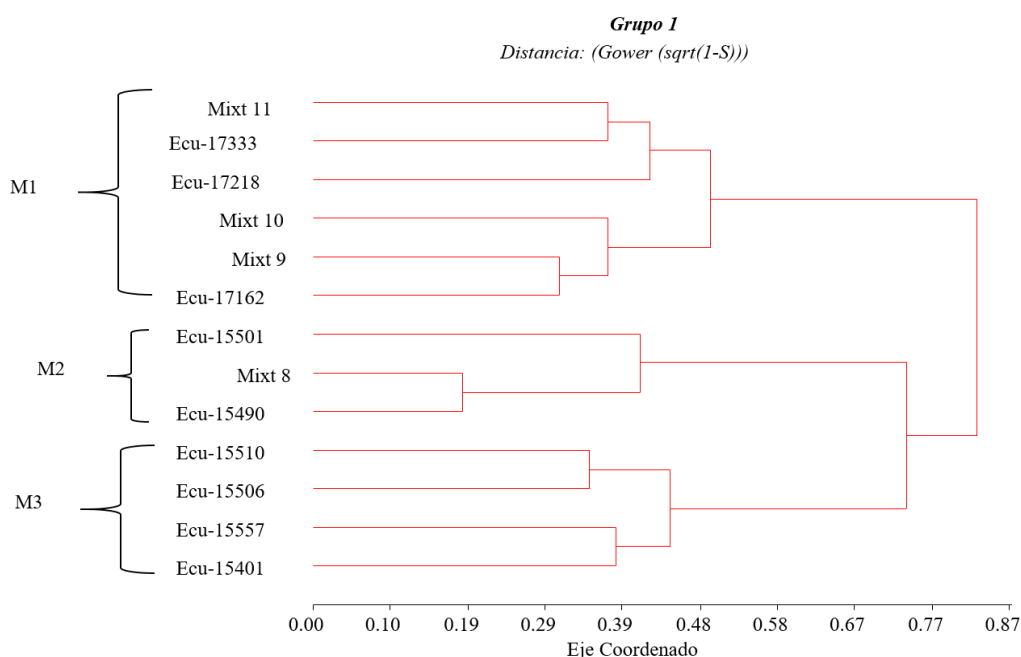





Figura 49. Dendrograma obtenido mediante el análisis de conglomerados para el grupo 1 en las accesiones de fréjol.

Tabla 34

Características de los morfotipos pertenecientes al grupo 1

Morfotipos	M1	M2	M3
N°	mixturiado 11, Ecu-17333, Ecu-17218, mixturiado 10, mixturiado 9, Ecu-17162	Ecu-15501, mixturiado 8, Ecu-15490	Ecu-15510, Ecu-15506, Ecu-15557, Ecu-15401
IDENTIFICACIÓN DE GERMOPLASMA			
	Color de las alas	Violeta/Blanco	Violeta
Color del estandarte	Purpura/Verde	Purpura/Verde	Verde/Roja azulado
Color Quilla	Verde claro	Verde	Verde
Hábito de crecimiento	Trepador indeterminado/Postrado indeterminado	Trepador indeterminado	Trepador indeterminado
Color de la vaina a la madurez	Verde	Verde	Verde
Forma de la vaina	Recta	Medianamente curva	Medianamente curva/ Recta
Color principal de la semilla	Rojo oscuro/Purpura grisáceo/Negro	Marrón oscuro	Purpura/Rojo oscuro
Color secundario de la semilla	Blancuzco	Marrón pálido oscuro	Marrón claro
Distribución del color secundario	Manchado Bicolor	A rayas	A rayas/ Romboide Manchado
Forma de la semilla	Arriñonada, recta en el lado del hilum/Ovoidea	Elíptica	Elíptica/Ovoide

En el segundo grupo, se obtuvieron cinco tipos morfológicos o morfotipos M4, M5, M6, M7 (Figura 50) la información de los caracteres evaluados se detalla a continuación (Tabla 35).

- **Morfotipo 4.** Este morfotipo está formado por dos accesiones: Ecu-17996, Ecu-17312, se caracterizaron por el color blanco de las flores y el hábito de crecimiento arbustivo determinado y prostrado indeterminado. Las vainas poseen una forma recta y curva, la semilla carece de color secundario, pero blancuzco y marrón claro son los colores principales. Obtienen semillas de forma arriñonada, recta en el lado del hilum.
- **Morfotipo 5.** Este grupo consta de cinco accesiones: mixturiado 6, Ecu-15524, Ecu-15511, Yura Apa, Ecu-15504, se diferenciaron del M4, por su hábito de crecimiento trepador indeterminado, el contorno de su vaina es medianamente curva y en relación a la semilla presentaron formas elípticas. El color marrón oscuro y blancuzco sobresalieron como colores principales, este grupo no presenta color secundario en la semilla.
- **Morfotipo 6.** En este grupo forman dos accesiones: Ecu-17331, Ecu-15499 se diferencia de los M4 y M5 debido a que presentaron semillas blancuzcas. Mientras que plomo oscuro dominó como color secundario el cual tuvo una distribución en forma de manchas bicolor.
- **Morfotipo 7.** Costa de dos accesiones: Ecu-17173, Ecu-15412, sus principales características son que las alas de su flor son anaranjadas, y el color de las semillas es principalmente verde oliva carece de color secundario y su forma es ovoide.

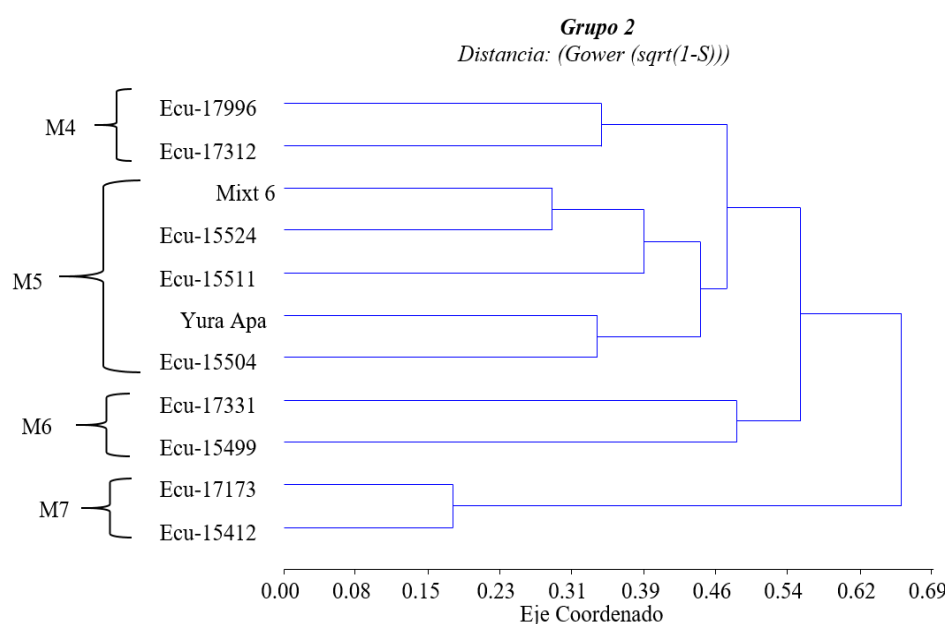






Figura 50. Dendrograma obtenido mediante el análisis de conglomerados para el grupo 2 en las accesiones de fréjol.

Tabla 35

Características de los morfotipos pertenecientes al grupo 2

Morfotipos	M4	M5
N°	Ecu-17996, Ecu-17312	mixturiado 6, Ecu-15524, Ecu-15511, Yura Apa, Ecu-15504
IDENTIFICACIÓN DE GERMOPLASMA		
Color de las alas	Blanco	Violeta/Blanco
Color del estandarte	Violeta	Purpura/Violeta
Color Quilla	Verde claro	Verde
Hábito de crecimiento	Arbustivo indeterminado	determinado/Postrado
Color de la vaina a la madurez	Verde	Trepador indeterminado
Forma de la vaina	Verde	Verde
Forma de la vaina	Recta	Medianamente curva/Curvado
Color principal de la semilla	Blancuzco/ Marrón claro	Marrón oscuro/Marrón claro/Blancuzco
Color secundario de la semilla	Ausente	Ausente
Distribución del color secundario	Ausente	Ausente
Forma de la semilla	Arriñonada, recta en el lado del hilum	Arriñonada, recta en el lado del hilum /Elíptica

Continuación de la tabla 35

Morfotipos	M6	M7
N°	Ecu-17331, Ecu-15499	Ecu-17173, Ecu-15412
IDENTIFICACIÓN DE GERMOPLASMA		
Color de las alas	Purpura/ Amarillo	Naranja
Color del estandarte	Violeta	Verde
Color Quilla	Verde claro	Verde
Hábito de crecimiento	Trepador indeterminado	Postrado/Trepador indeterminado
Color de la vaina a la madurez	Verde	Verde
Forma de la vaina	Medianamente curva/curvado	Medianamente curva
Color principal de la semilla	Blancuzco	Verde oliva
Color secundario de la semilla	Purpura/Plomo oscuro	Ausente
Distribución del color secundario	Manchado Bicolor	Ausente
Forma de la semilla	Arriñonada, recta en el lado del hilum/Elíptica	Ovoide

En el tercer grupo se identificaron 4 tipos morfológicos o morfotipos M8, M9, M10, M11 (Figura 51) la información de los caracteres evaluados se detalla a continuación (Tabla 36).

- **Morfotipo 8.** Este morfotipo presento cinco accesiones: mixturiado 4, mixturiado 3, Ecu-15527, Ecu-17338, Ecu-15516 su característica principal es el perfil de sus vainas curvadas, obteniendo un color principal purpura grisáceo oscuro y un purpura grisáceo como color secundario para sus semillas. Con una distribución en forma romboide manchado.
- **Morfotipo 9.** En este grupo encontramos dos números de accesiones: Ecu-1713, Ecu-15429, se caracterizaron por presentar, flores de color violeta (alas), hábito de crecimiento postrado indeterminado. Sus semillas poseen un color principal marrón claro, junto con un color secundario purpura grisáceo distribuido en forma de rayas anchas.
- **Morfotipo 10.** Este grupo está compuesto por cinco accesiones: mixturiado 7, mixturiado 2, mixturiado 5, mixturiado 1, Ecu-15428, y su característica principal es que la semillas presentó una forma alargada y ovoidea. Con colores principales entre negro y purpura grisáceo, juntamente a esto resalta un color secundario blancuzco y marrón claro distribuidos de forma de punto, bicolor y alrededor del hilum.
- **Morfotipo 11.** Este grupo se compone de tres accesiones: Ecu-15507, Ecu-15416, Ecu-15413, el cual se caracterizó por tener hábito de crecimiento trepador y postrado indeterminado. Además, de poseer colores negros y marrón claro en su semilla.

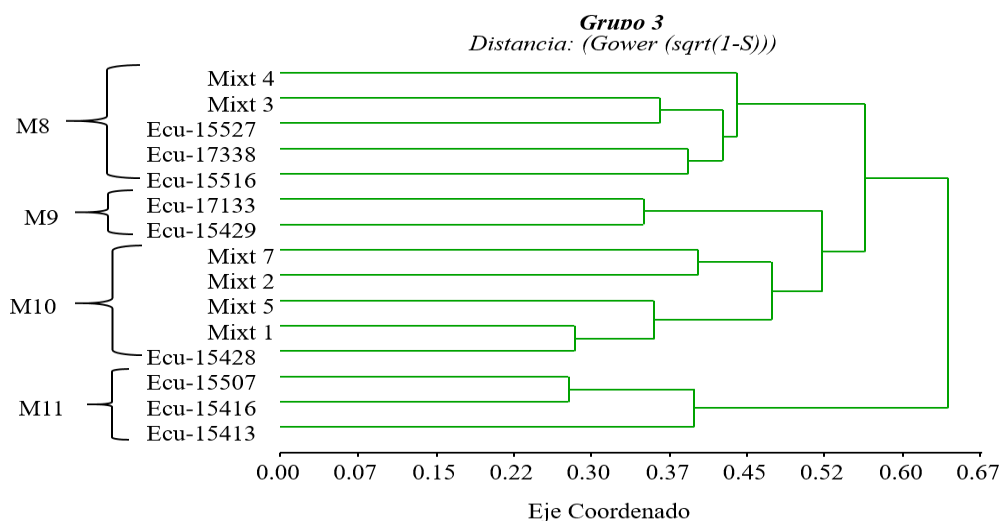

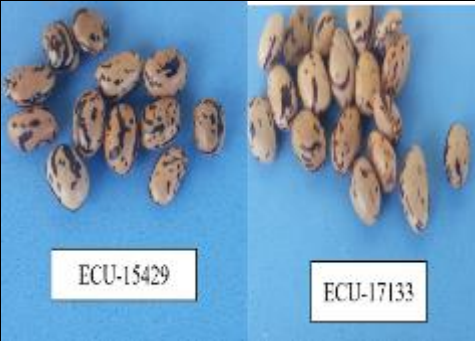


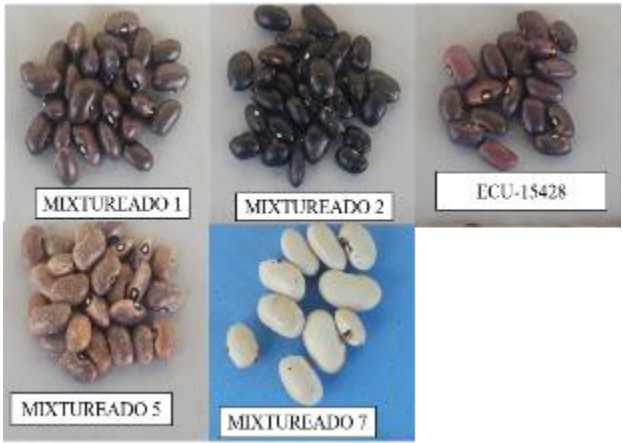

Figura 51. Dendrograma obtenido mediante el análisis de conglomerados para el grupo 3 en las accesiones de fréjol.

Tabla 36

Características de los morfotipos pertenecientes al grupo 3

Morfotipos	M8	M9
N°	mixturiado 4, mixturiado 3, Ecu-15527, Ecu-17338, Ecu-15516	Ecu-17133, Ecu-15429
IDENTIFICACIÓN DE GERMOPLASMA		
Color de las alas	Violeta	Violeta
Color del estandarte	Rosa azulado/Violeta	Púrpura/Verde
Color Quilla	Verde	Verde
Hábito de crecimiento	Trepador indeterminado	Postrado indeterminado
Color de la vaina a la madurez	Verde	Verde
Forma de la vaina	curvado	Medianamente curva
Color principal de la semilla	Purpura grisáceo/Rojo grisáceo/ Marrón claro/Blancuzco	Marrón claro
Color secundario de la semilla	Purpura grisáceo /Negro	Purpura grisáceo/Negro
Distribución del color secundario	A rayas/Romboide manchado/Manchado Bicolor	Rayas anchas
Forma de la semilla	Alargada ovoidea /Elíptica	Elíptica/Ovoide

Continuación de la tabla 36

Morfotipos	M10	M11
N°	mixturiado7, mixturiado5, mixturiado2, mixturiado1, Ecu-15428	Ecu-15507, Ecu-15416, Ecu-15413
IDENTIFICACIÓN DE GERMOPLASMA		
Color de las alas	Violeta	Violeta
Color del estandarte	Púrpura/Rosa azulado	Púrpura
Color Quilla	Verde claro	Verde
Hábito de crecimiento	Trepador indeterminado	Postrado /Trepador indeterminado
Color de la vaina a la madurez	Verde	Verde
Forma de la vaina	Medianamente curva/curvado	Medianamente curva/Recta
Color principal de la semilla	Blancuzco/Negro/Púrpura grisáceo	Marrón claro/Negro
Color secundario de la semilla	Negro/Blancuzco/Marrón claro	Ausente
Distribución del color secundario	Alrededor del hilum/Bicolor/Puntos	Ausente
Forma de la semilla	Alargada ovoidea	Alargada Ovoidea

4.5 Materiales promisorios

Con la finalidad de identificar materiales promisorios (materiales con gran aporte en la agricultura) para la zona alta ubicada en el cantón Cotacachi, se los eligió con ayuda de descriptores relacionados con la producción los cuales son: el número de días a la cosecha, número de vainas, número de semillas, rendimiento en gramos por planta, color de la semilla, además de clasificarlas según el hábito de crecimiento; por ende, dentro del presente estudio se identificó 15 accesiones con potencial agronómico (Tabla 37).

Las accesiones de hábito de crecimiento postrado indeterminado Ecu-17133 y Ecu-17312 presentaron un promedio de 174 días a la cosecha, el número promedio de vainas por planta se obtuvo de 38 a 72 vainas, con un número promedio de 5 granos por vaina, en cuanto a su semilla presentaron un color marrón claro, con un rendimiento aproximado de 121.55 a 145.41 gramos (Tabla 37). Por otro lado, las accesiones de hábito de crecimiento trepador indeterminado: Ecu-15412, Ecu-15490, Ecu-15511, Ecu-15527, Ecu-17331(Café pintado), Ecu-17333 (Yana vaca), mixturiado 1, mixturiado 10, mixturiado 11, mixturiado 3, mixturiado 5, mixturiado 6, mixturiado 8, presentaron 166 a 184 días a la cosecha, el número de vainas por planta fue de 38 a 78, con contenido de 5 a 6 granos, el rendimiento promedio de cada planta fue 120.35 a 232.47 gramos y el color de su semilla sobresalieron los colores negro, blancuzco, verde oliva, marrón claro, marrón oscuro, rojo oscuro, rojo grisáceo, púrpura grisáceo y púrpura grisáceo oscuro (Tabla 37).

Tomando en cuenta el rendimiento en gramos por planta, podemos enfocarnos en revalorizar las accesiones mixturiado 5 (175.57 g/planta), mixturiado 8 (232.47 gr/planta) y mixturiado 11 (155.39 gr/planta), por contar con un buen rendimiento referente a su producción en gramos por planta. Con la finalidad de fomentar la conservación de la agrobiodiversidad ya que estas accesiones sobresalientes pertenecen al cantón Cotacachi y si las debe mantener para la seguridad alimentaria de los pueblos.

Por ende, se puede confirmar así la importancia de evaluar materiales genéticos en programas de mejoramiento para la obtención de materiales de alta calidad que puedan ser usados en el desarrollo de variedades mejoradas.

Tabla 37

Materiales promisorios para el cantón de Cotacachi

Accesión	RP (gr)	DC	NV	Ns V	PS	LV	AV	LS	AS	Color de semilla
Ecu-17133	121.55	174	38.8	5.45	74.1	12.93	1.68	1.3	0.8	Marrón claro
Ecu-17312	145.41	174	72.67	5.73	50.2	12.87	0.93	1.3	0.6	Marrón claro
Ecu-15412	147.37	174	69	5.6	61.4	11.67	1.16	1.2	0.8	Verde oliva
Ecu-15490	133.01	166	41.47	6.05	67.6	13.13	1.9	1.3	0.7	Marrón oscuro
Ecu-15511	126.28	174	38.11	5.17	82	12.69	1.2	1.4	0.8	Marrón claro
Ecu-15527	125.09	168	48.93	5.47	60.4	12.15	0.94	1.4	0.6	Purpura Grisáceo oscuro
Ecu-17331	121.45	174	50.33	5.19	67.9	11.72	1.17	1.3	0.8	Blancuzco
Ecu-17333	129.77	174	48.2	5.69	62.7	13.86	1.1	1.5	0.7	Negro
Mixturiado 1	120.35	174	62	6.12	46	14.2	0.81	1.3	0.6	Purpura grisáceo
Mixturiado 10	120.12	184	44.8	5.44	62.8	14.04	1.36	1.3	0.7	Purpura grisáceo
Mixturiado 11	155.39	184	51.87	5.31	68.8	13.78	1.07	1.4	0.7	Rojo oscuro
Mixturiado 3	150.41	174	49.47	6.4	51.1	13.25	0.91	1.3	0.6	Rojo grisáceo
Mixturiado 5	175.57	174	78.07	6.12	51.2	12.38	1.15	1.3	0.6	Purpura grisáceo
Mixturiado 6	132.85	174	55.07	6.39	53.5	13.33	1.02	1.3	0.7	Marrón oscuro
Mixturiado 8	232.47	184	67.33	5.63	72.6	12.71	1.3	1.3	0.8	Marrón oscuro

4.6 Fase 2: Análisis ecogeográfico de la distribución del fréjol en la zona norte del país.

A continuación, se describen los resultados obtenidos a partir de la caracterización ecogeográfica de 180 accesiones de fréjol pertenecientes a las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha las cuales comprendieron la zona norte del Ecuador. Se emplearon 41 variables 2 geofísicas, 31 bioclimáticas y 8 edáficas.

4.6.1 Mapa ELC del cultivo de Fréjol en las Provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha

Los mapas ELC reflejan los diferentes escenarios adaptativos que ocurren para una especie o grupo de especies en un territorio determinado, los mapas de caracterización ecogeográfica del terreno (mapas ELC) son útiles para la conservación y uso razonable de la agrobiodiversidad (Parra, 2013). En la presente investigación se registraron 14 categorías ELC (Figura 53) obteniendo así que la categoría 3 con porcentaje de 26.6% y la 6 con rangos de 27.8% son las más comunes, estas categorías se caracterizaron por presentar rangos altitudinales entre los 2096 msnm a 3307 msnm, temperaturas anuales de 18.2°C, precipitación anual de 1163 mm, pendientes planas a medianamente fuertes, materia orgánica que va desde cantidades bajas a altas, pH de muy ácido a ligeramente ácido y suelos profundos.

Por el contrario, las categorías menos comunes con menos del 1% fueron 12, 13, 14, 15, 19, 20, 22, 23. Estas categorías se caracterizaron por presentar: alturas desde los 2128 msnm, temperatura anual de 17.6°C, precipitación anual de 2184mm, pendientes suaves, materia orgánica baja, un pH ácido y suelos profundos (Figura 52).

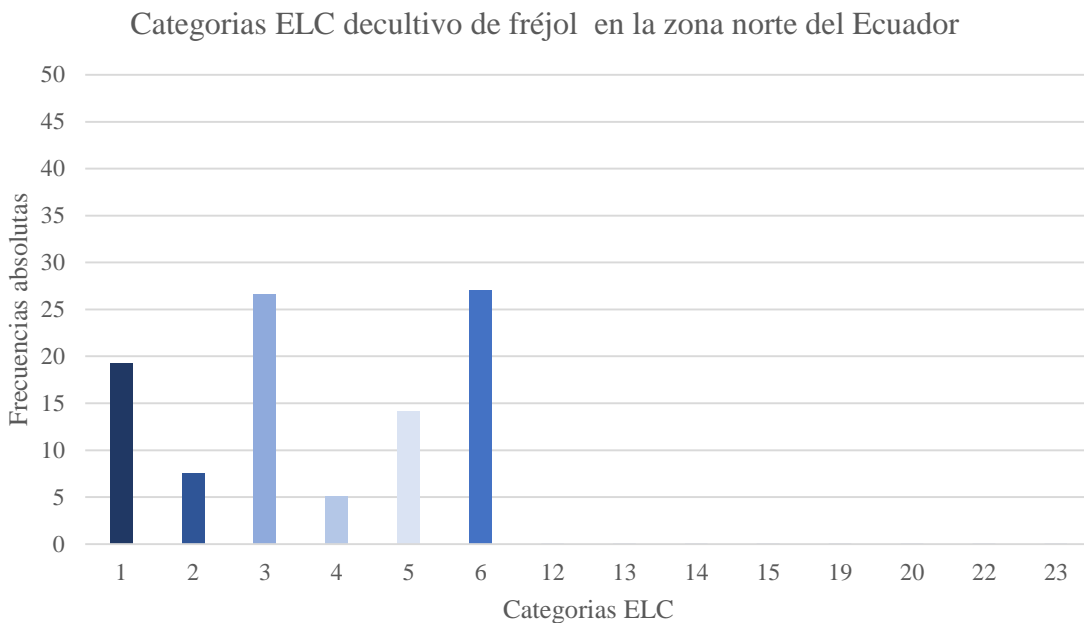


Figura 52. Frecuencia absoluta de las categorías ELC en el cultivo de fréjol de la zona norte del país

La caracterización ecogeográfica se relaciona con la zonificación agroecológica según Pineda y Suárez (2014) la zonificación es la sectorización de un territorio con diversos criterios ecológicos de importancia en el desarrollo agrícola de un país. Zonas aptas para el establecimiento de cultivos, comparando así las profundidades de los suelos, temperaturas, pendientes y alturas.

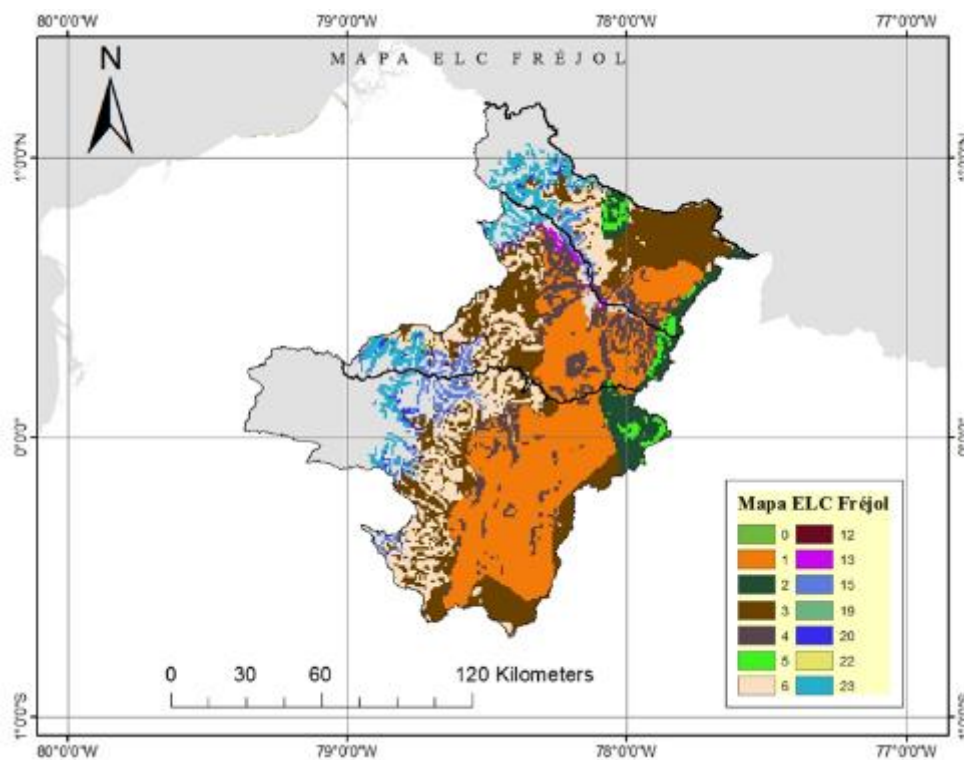


Figura 53. Frecuencia de categorías ecogeográficas del cultivo de fréjol en la zona norte del Ecuador (Mapa ELC)

4.6.2 Variabilidad Eco geográfica de datos cuantitativos

4.6.2.1 Variabilidad de datos bioclimáticos para el cultivo de fréjol.

En la Tabla 37 se puede observar cinco variables referentes a la precipitación en donde se examina datos estadísticos, los cuales arrojan valores promedios y la desviación para cada característica. Observando así que la precipitación del mes de enero CV 12.62% y la precipitación del mes de marzo CV 10.83% presentaron una mayor variación. La precipitación del mes de enero vario entre 33 y 139 mm y la precipitación del mes de marzo entre 60 y 170 mm. Además, que la variable con menor CV 7.15% fue la de precipitación estacional, con rangos entre 25 a 48 mm (Tabla 38).

Tabla 38

Variables cuantitativas ecogeográficas del cultivo de fréjol en la zona norte del Ecuador

Variables	Promedio	CV	Valor Mínimo	Valor Máximo
Precipitación estacional (mm)	45.08	7.15	25	48
Precipitación anual (mm)	947.62	8.01	571	1296
Precipitación enero (mm)	80.02	12.62	33	139
Precipitación octubre (mm)	91.99	8.25	64	106
Precipitación Marzo (mm)	117.33	10.83	60	173
Temperatura máxima Noviembre (°C)	20.51	4.49	15	22.60
Temperatura máxima Diciembre (°C)	20.52	5.23	14.50	22.50
Temperatura máxima Mayo (°C)	20.79	5.13	14.40	22.70
Temperatura máxima Junio (°C)	20.81	5.51	13.60	22.50
Temperatura mínima Enero (°C)	8.45	8.21	4.90	11.10

Temperatura mínima Octubre (°C)	8.16	8.30	5	11.10
Temperatura mínima Noviembre (°C)	8.48	8.40	5	11.20
Temperatura mínima Diciembre (°C)	8.45	7.45	5.40	11.10
Temperatura mínima Febrero (°C)	8.65	9.05	5.10	11.20
Temperatura mínima Marzo (°C)	8.54	8.52	5.30	11.30
Temperatura mínima Abril (°C)	9.02	8.52	5.50	11.70
Temperatura mínima Septiembre (°C)	7.53	7.46	4.90	10.30
Temperatura Anual (°C)	14.51	5.95	9.60	16.80

*G; Grupo, V; Variable, n; Número, M; Media, DE; Desviación Estándar, EE; Error Estándar, CV; Coeficiente de Variación, VMn; Valor Mínimo, VMa; Valor Máximo.

De igual manera las investigaciones realizadas por el INIAP (2004) menciona que el fréjol durante el periodo vegetativo necesita entre 280 a 360 mm. Por ende, para tener un buen manejo y poder realizar una conservación estable del material se la puede realizar en los meses de enero a marzo ya que en ese tiempo se acerca a los requerimientos que el cultivo necesita.

Con respecto a la variable de temperatura (Tabla 38) dentro de los rangos térmicos con mayor variación en las 180 accesiones de fréjol, se obtuvo que la temperatura mínima de febrero presentó un mayor CV 9.05%, acompañado de una temperatura máxima de 11°C y una mínima de 5°C. Con respecto a las demás temperaturas se evidenció que la temperatura máxima de noviembre con un CV menor 4.49% presentó una temperatura máxima de 22°C y una mínima de 15°C. Según Álvarez, Ventura, Aldemaro y Parada (2018), el fréjol es susceptible a las heladas, no resiste temperaturas inferiores a -2°C. El rango de temperatura se comprende entre 13° C y 27°C, las que generalmente predominan a elevaciones de 400 a 1500 msnm. En la actualidad con los pasos de los años sea ido evidenciando que existen variedades en propiedad del INIAP que toleran a la variación de temperatura e incluso pueden ser cultivadas a menor y mayor elevación.

4.6.2.3. Variabilidad de datos geofísicos para el cultivo de fréjol.

En la (Tabla 39) se observa los valores obtenidos respecto a la variable geofísica altitud, la misma que presentó un CV de 6.40%, indicando de esta manera que el cultivo de fréjol está presente en zonas con alturas comprendidas desde los 2096 msnm hasta 3307 msnm y un promedio adaptativo de 2554 msnm. Según datos del INIAP (2004) las zonas agroecológicas de producción del fréjol se encuentran a lo largo de la sierra ecuatoriana. Ubicada desde la provincia de Carchi hasta Loja ya sea dentro del callejón interandino o en las laderas de la Cordillera Occidental. El fréjol logra su mejor adaptación en pisos altitudinales que van desde los 1500 a 2200 msnm. Resultado que a lo largo de los años va cambiando ya que el cultivo se ha adaptado a altitudes mayores como se puede observar en esta investigación.

Tabla 39

Variables geofísicas del cultivo de fréjol en la zona norte del Ecuador

Variable	M	CV	VMn	VMa
Altitud (msnm)	2554,48	6,40	2096	3307

4.6.3 Variabilidad ecogeográfica de datos cualitativos.

4.6.3.1 Variabilidad de datos edáficos para el cultivo de fréjol

Dentro de la (Tabla 40) podemos observar los valores obtenidos dentro de esta investigación. El cultivo de fréjol requiere suelos fértiles, con buen contenido de materia orgánica, con suelos que permitan una mayor aireación y drenaje. Este cultivo no tolera suelos compactos, poca aireación y acumulación de agua (Álvarez et al., 2018).

Tabla 40

Variables cualitativas ecogeográficas del cultivo de fréjol en la zona norte del Ecuador

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Pendientes	1	Plana	7	4
	2	Muy suave	142	79
	3	Suave	29	16
	4	Media	2	1
Textura del suelo	1	Franca	32	18
	2	Franco limosa	4	2
	3	Franco arenosa	144	80
Materia orgánica	1	Bajo	148	82
	2	Alto	32	18
Capacidad de intercambio catiónico	1	Muy bajo	144	80
	2	Bajo	32	18
	3	Medio	4	2
pH	1	Muy ácido	1	1
	2	Ácido	32	18
	3	Ligeramente ácido	143	79
	4	Medianamente alcalino	4	2
Profundidad del suelo	1	Profundo	180	100

En la (Tabla 40) se observa que dentro de la variabilidad de texturas se evidenció tres categorías: arcillosa 18%, franco limoso 2% y la textura franca arenosa con un 80% representando así que el mayor número de accesiones cultivadas se encontró en este tipo de suelo. Según Cevallos (2008) el cultivo de frejoles desarrolla bien en suelos con textura franca limosos o arenosos los cuales deben tener un buen drenaje y aireación factor importante para un mejor desarrollo radicular y la formación de nódulos que contribuyen en la obtención de plantas más vigorosas.

De igual manera dentro de la (Tabla 40) se evidencian dos características para la materia orgánica en donde el 82% de datos estuvieron cultivados en suelos con contenido de materia orgánica baja, menor al 3.0%. El resto de los datos con el 18% permanecieron en suelos con un alto contenido de materia orgánica mayor al 5%.

El equilibrio en el contenido de carbono orgánico en cada fracción de la materia, orgánica se encuentra fuertemente influenciado por el clima, el material parental, la vegetación y el manejo del suelo (Manlay y Feller, 2007). Con respecto al intercambio catiónico se registró una categoría muy baja para el 80% de las accesiones. Seguidas con las categorías bajo en un 18% y medio en un 2% de las accesiones evaluadas (Tabla 40).

Para la zona norte del país se registraron 4 clases de pendientes (Tabla 40) en las que el cultivo de frejol puede desarrollarse. El 79% de las accesiones se desarrollaron en pendientes muy suaves con rangos de 2 a 5 % (relieves casi planos), seguidas del 16% de datos los cuales presentaron pendientes suaves rangos de 5 a 12%, (relieves ligeramente ondulados). Finalmente, el 4% de accesiones se desarrollaron en pendientes planas con rangos de 0 a 2%, (relieves completamente planos) y el 1% de los datos analizados mostraron desarrollo en pendientes medias con rangos de 12 a 25%, (relieves medianamente ondulados).

La variabilidad del pH del suelo para los 180 datos analizados manifestó cuatro categorías en donde el 79% presentaron suelos ligeramente ácidos (pH entre 6 a 6.5), las cuales son condiciones adecuadas para el crecimiento de la mayoría de cultivos. El 18% se desarrolló en suelos ácidos (pH entre 5 a 5.5) estos suelos poseen deficiencia de P, Ca, K, Mg, Mo y N, además, de contener exceso de Co, Cu, Fe, Na, Zn, el suelo no contiene carbonato cálcico y su actividad microbiana es escasa. El 2% se cultivó en suelos medianamente alcalino (pH 8 a 8.5) suelos donde puede existir retraso en el desarrollo de los cultivos. El 1% restante estuvo en suelos muy ácido (pH menores a 5) donde las condiciones son desfavorables existiendo posible toxicidad para los cultivos (Tabla 40).

Según investigaciones realizadas por Peralta , Murillo, Mazón, Pinzón, y Villacrés, (2013) el frejol se desarrolla a un pH de 5.5 a 7.5 fuera de ese rango deben realizar correcciones en el manejo del suelo. Sin embargo, es un resultado positivo ya que la mayoría de las accesiones se encuentran dentro del rango óptimo para su desarrollo. Con respecto a la profundidad del suelo en la zona norte del país en su totalidad son suelos profundos 100% (Tabla 40). Como lo menciona Tamayo (2011) la siembra del fréjol debe hacerse en suelos sueltos y con buen drenaje, buen contenido de materia orgánica y con profundidad superior a los 30 cm lo que claramente los resultados concuerdan con la investigación.

4.6.4 Análisis de Conglomerados de datos ecogeográficos.

El agrupamiento jerárquico de Ward (1963) obtenido a partir de la matriz de distancia generada por el algoritmo de Gower, identificó tres grupos (G1, G2 y G3) de entradas, representadas en el Dendrograma (Figura 54) mismos que muestran el desarrollo de las accesiones de frejol en diferentes sitios de colecta que contienen similares condiciones edafoclimáticas.

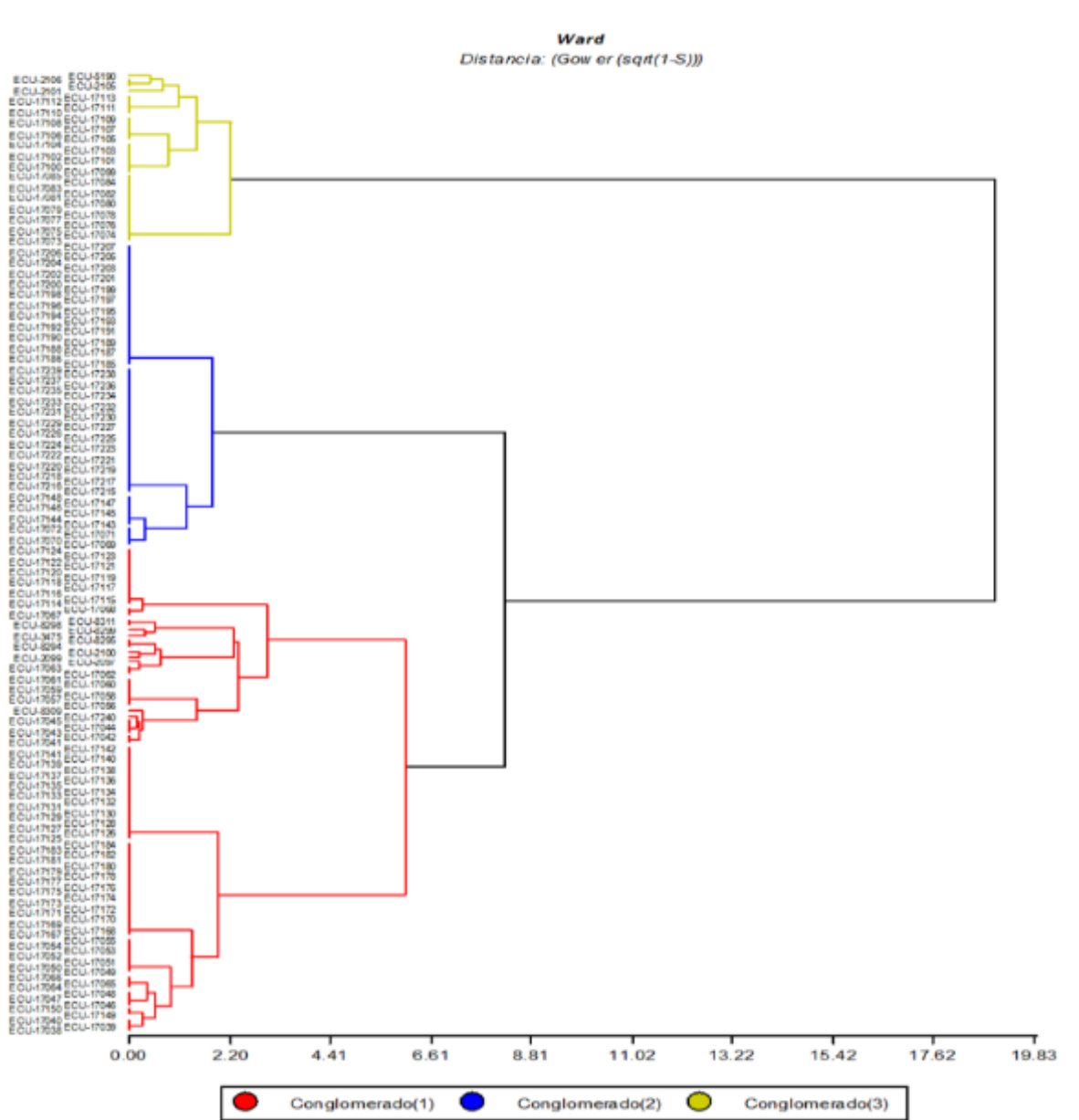


Figura 54. Dendrograma obtenido a partir del análisis de conglomerados para las variables cualitativas y cuantitativas de 180 accesiones de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) mediante las distancias genéticas de Gower, según los datos geofísicos, edáficos y bioclimáticos

Según Tapia Bastidas (2015) a lo largo de los años, el Ecuador ha experimentado cambios en el uso del suelo, la demografía, las inundaciones y la urbanización todos estos cambios van acompañados del riesgo de pérdida de variedades en la diversidad de cultivos existentes.

Dentro de la presente investigación los 180 materiales se agruparon de la siguiente manera: del Grupo 1 (Tabla 41) con un mayor porcentaje 93% se caracterizó por desarrollarse en alturas que comprenden los 2096 msnm hasta los 2925 msnm, precipitación anual de 947 mm, temperatura anual de 16°C. Cultivados en terrenos profundos de pendientes muy suaves (relieves casi planos) a pendientes suaves (relieves ligeramente ondulados). Los suelos de la zona cultivada poseen una textura franco arenosa y franco limoso, baja concentración de carbono orgánico (menor al 3%). Además, de una capacidad de intercambio catiónico muy bajo y medio el cual necesita aporte de materia orgánica para elevar su CIC. Con una concentración de pH ligeramente ácido de 6 a 6.5 la cual es condiciones adecuadas para el crecimiento de la mayoría de cultivos (Tabla 42) (Figura 54).

Tabla 41

Variables Cuantitativas ecogeográficas más representativas para grupos conformados.

Datos	Variable	G1	G2	G3
Geofísicos	Altitud (msnm)	2096 a 2925	2390 a 2421	2364 a 3307
Bioclimáticos	Precipitación anual (mm)	947	909.85	952.26
	Temperatura anual (°C)	16	15	15.1

Con respecto al Grupo 2 (Tabla 41) comprende el 30%, se caracterizaron por presentar cultivos en alturas comprendidas desde los 2390 msnm hasta los 2421msnm, con precipitaciones anuales de 909.85 mm y temperaturas anuales de 15°C. Además, se encontraron cultivados en terrenos profundos con pendientes del 2% muy suaves (relieves casi planos) en suelos con textura franco arenoso. Con un bajo contenido de carbón orgánico además de una baja capacidad de intercambio catiónico, estos suelos contienen un pH ligeramente ácido del 6 a 6.5 siendo condiciones favorables para el cultivo (Tabla 42) (Figura 54).

Tabla 42

Variables cualitativas ecogeográficas más representativas para grupos conformados.

Datos	Variable	G1	G2	G3
Edáficos	Pendiente	Muy suaves	Muy suaves	Suaves
	Textura del suelo	Franco arenosa	Franco arenosa	Franca
	Carbón orgánico	Bajo	Bajo	Alto
	CIC	Muy bajo	Bajo	bajo
	pH	Ligeramente ácido	Ligeramente ácido	Ácido
	Profundidad del suelo	Profundos	Profundos	Profundos

Finalmente, el Grupo 3 (Tabla 41) comprende el 17% en su mayoría el cultivo de fréjol se encuentra en alturas comprendidas desde los 2364 msnm hasta los 3307 msnm, con precipitaciones anuales de 952,26 mm y temperaturas anuales de 15,1°C. Estas accesiones estuvieron cultivadas en terrenos profundos de pendientes suaves relieves ligeramente ondulados y muy suaves relieves casi planos, con textura franca. Con un contenido de carbón orgánico alto sin embargo su capacidad de intercambio catiónico es baja, un pH ácido que comprende valores de 5 a 5.5 (Tabla 42). Dentro del cual existe la necesidad de encalar el suelo primeramente para la mayoría de cultivos y corregir aporte de minerales (Figura 54).

El cultivo de fréjol de acuerdo INIAP (2014) se encuentra en regiones interandinas como las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha y estribaciones de cordillera. Comprendiendo altitudes desde los 1200 a 2500 msnm, con temperaturas que van desde los 12°C hasta los 20°C, precipitaciones de 300 a 900 mm, suelos francos, limosos, arenosos con un pH de 5.5 a 7.7. Al comparar con la investigación observamos que el cultivo de fréjol a través de los años ha ido adaptándose a diferentes condiciones edafoclimáticas por lo que se puede observar diferencias en algunas características dentro del estudio.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

- Se identificó tres grupos morfológicos de fréjol y 11 morfotipos, lo cual da la referencia de la variabilidad existente en la provincia de Imbabura, siendo necesario establecer estrategias que promuevan el uso y conservación del mismo.
- Respecto a las variables morfológicas y agronómicas usadas, 12 variables cuantitativas y siete cualitativas permitieron diferenciar la variabilidad existente en el grupo de accesiones evaluadas y seleccionar materiales promisorios (Ecu-17133, Ecu-17312, Ecu-15412, Ecu-15490, Ecu-1551, Ecu-15527, Ecu-17331, Ecu-17333, Mixturiado 1, Mixturiado 10, Mixturiado 11, Mixturiado 3, Mixturiado 5, Mixturiado 6, Mixturiado 8 para la zona de Cotacachi.
- Todas las accesiones dentro de la investigación presentaron un comportamiento similar refiriéndose así al número de días de germinación y para alcanzar las primeras etapas de desarrollo. Las variedades con hábito de crecimiento arbustivo presentaron un ciclo de vida corto y desarrollo vegetativo menor a comparación de las accesiones de hábito de crecimiento trepador las cuales mostraron un desarrollo vegetativo de mayor tamaño de además que su ciclo de vida es mayor.
- Al tomar en cuenta el rendimiento por planta se identificó que las accesiones mixturadas obtienen valores superiores a las demás en este grupo destacan las accesiones tipo mixturiado 5, 8 y 11 por lo que resulta de interés revalorizar este germoplasma.
- La caracterización ecogeográfica, permitió visualizar las condiciones adecuadas para el cultivo de fréjol en la zona norte del Ecuador, se identificaron 14 categorías ecogeográficas que definen la distribución y sitios de adaptación de la especie permitiendo así definir estrategias de conservación y producción.
- Se identificaron rangos altitudinales que comprenden desde los 2096 hasta los 3307 msnm, en los cuales el cultivo de fréjol puede adaptarse evidenciando que estos valores se encuentran por encima de los rangos óptimos, lo que determina que el cultivo ha ido adaptándose a nuevos agroecosistemas permitiendo así la conservación del mismo.

5.2 Recomendaciones.

- Realizar ensayos con las accesiones promisorias presentadas en este estudio con la finalidad de potenciar sus genes en cuanto se refiere a rendimiento, adaptabilidad permitiendo así fortalecer la seguridad y soberanía alimentaria del país.
- Validar la adaptación de los agroecosistemas identificados en el análisis ecogeográfico para determinar zonas con potencialidad de producción para el cultivo de fréjol y fomentar el uso de la variabilidad existente con la finalidad de que los agricultores continúen manteniendo el material genético, se promueva la conservación y se establezcan estrategias de manejo para el fomento de la seguridad alimentaria.
- Aumentar las zonas de estudio en futuras investigaciones con la finalidad de realizar colectas de germoplasma de fréjol en zonas ecogeográficas, con la cual se pueda validar la existencia de erosión genética en la zona norte del país.
- Realizar esta investigación en diferentes zonas del país debido a que es un cultivo con gran capacidad de adaptación a diversos criterios tanto edáficas como climáticas, con la finalidad de diseñar estrategias y definir zonas más aptas para su conservación.

BIBLIOGRAFIA

- Albán, M (2012). *Manual de cultivo de frijol caupi*. Manual Técnico. Asociación de Productores Agropecuarios del Distrito de Morropón, Piura-Perú. Recuperado de; Fundación Suiza para la cooperación del desarrollo técnico https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/CAUPI.pdf
- Álvarez, C, E., Ventura, R., Aldemaro, C., y Parada, J. R. (2018). *Cultivo de Frijol*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. CENTRA
- Atilio, C., y Reyes, C. H. (2008). *Guía técnica para el manejo de variedades de frijol Programa de Granos básicos*. Guía técnica, El Salvador. Recuperado de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf>
- Araya, M., y Hernández, C. (2006). Lesiones características de antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum* S.) en vainas [Gráfico]. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H20-5247.pdf>
- Assefa, T., Beebe, S., Rao, I., Cuasquer, J, Duque, M., Rivera, M., y Luchim, M. (2013). Pod harvest index as a selection criterion to improve drought resistance in white pea bean. *Field Crops Res* (148), 24-33.
- Aziz, K, A., Dennett, M., Munir, M., y Abid, A. (2012). *Growth and yield response of wheat varieties to water stress at booting and anthesis stages of development*. *Pack. J. Botanic*, 44(3), 879-886.
[https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/44\(3\)/06.pdf](https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/44(3)/06.pdf)
- Barrido, G, E., López, C., Kohashi, J., Acosta Gallegos, J., Miranda Colín, S., y Mayek Pérez, N. (2010). Rendimiento de semilla y sus componentes en frijol flor de mayo en el centro de México. *Agrociencia*, 44, 481-489.
- Basantes, E. R. (2015). *Manejo de Cultivos Andinos del Ecuador*. vol. 1 Sangolquí, Quito, Ecuador.
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.pdf>
- Beebe, S., Ramírez, J., Jarvis, A., Idupulapati, R., Mosquera, G., Bueno, J., y Blair, M. (2011). Adaptación de cultivos al cambio climático. Shyam S. Robert J. Redden, Jerry *Mejoramiento genético del frijol común y los desafíos del cambio climático*. (págs. 356-369). <https://doi.org/10.1002/9780470960929.ch25>
- Blanco, H., y León, G. (2016). *Plagas insectiles asociadas al cultivo de frijol*. *Agronomía Mesoamericana*, 23. Pag 24-26.
- Carmona, A. (2014). Perspectiva intercientífica entre geomorfología y ecogeografía. *Dialógica revista multidisciplinaria*, 11(2), 38-63.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5248721>

- Carrera, H. (2012). La conservación y uso de la agrobiodiversidad, un valioso aporte a la seguridad alimentaria de las comunidades indígenas de Cotacachi. *Urku Yaku Wachariy*, 7-16.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6118/1/Agrobiodiversidad%20y%20soberania%20alimentaria%203.pdf>
- Casas, A. (2016). Conservación in situ y ex situ de recursos genéticos. En A. Casas, J. Torres Guevara, y F. Parra (Ed.), *Domesticación en el continente americano*, (pág.1). UNAM
<https://www.researchgate.net/publication/309783058>
- Castillo, J., Villalobos, K., Vargas, A., Rodríguez, J., y Gonzáles, A. (2017). *Principales plagas de artrópodos en el cultivo de frijol en Costa Rica*; Guía ilustrada de artrópodos adultos en campo y grano almacenado (segunda ed.). Costa Rica.
<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10933.pdf>
- Cevallos, D. (2008). *Evaluación de la adaptabilidad de 20 variedades y líneas de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.) De grano rojo y amarillo en el Valle de Intag, imbabura. 2007*". [Tesis de investigación, Escuela Politécnica del Ejército].
- Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (1986). *Etapas del desarrollo del frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Cali: ISBN 84-89206-54-6.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (1987). *Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol*. (F. A. Schoonhoven, y M. Pastor Corrales, Edits.) Cali, Colombia.
http://books.google.com.co/books?id=mpgIE_jDedMC&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false
- Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (1993). *Descriptorios varietales para cultivos: Maíz, Sorgo, Arroz y fréjol* (Vol. 1). Cali, Colombia.
http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/descriptorios_varietales.pdf
- Constitucion de la Republica del Ecuador, (2008) Capitulo séptimo. *Derechos de la naturaleza Art. 71*.
- Espitia M, M, Montoya A, R, Robles R, J., Carboza C, C., y Vergara A, C. (2006). Modelo estadístico para estimación del área foliar en Stevia rebaudiana Bertoni en el Sinu Medio. *Temas agrarios*, 11(2), 45-51.
- Esquivel- Esquivel, G, Acosta- Gallegos, J, Rosales- Sema, R, Pérez- Herrera, P, Hernández- Casillas, M, Navarrete R., y Muruaga (2006). Productividad y adaptación del Frijol Ejotero en el Valle de México. *Chapingo*, 12(1), 119-126.
- Fernández, F., Gepts, P., y López, M. (1985). *Etapas de desarrollo en la planta de frijol*. (C. I. (CIAT), Ed.) Cali.
- Figueroa, J., y Jaksic, F. (2004). Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural*, 77, 201-215.
- Fonseca, J. C. (2009). *Cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris). Manual de recomendaciones Técnicas*, San José. Ministerio de Agricultura
<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9533.pdf>

- Food Agriculture Organization [FAO] (2014). *CAPFITOGEN-Programa para fortalecer las capacidades nacionales de recursos fitogenéticos en América Latina, Versión 1.2*. Recuperado de <http://www.fao.org/publications/card/en/c/cc32dab2-ae8b-4738-86b5-54c781203059/>
- Food Agriculture Organization [FAO] (2015). Food Agriculture Organization; CAPFITOGEN; *Herramientas la tecnología y la ciencia al alcance de quienes conservan la agrobiodiversidad*. <http://www.capfitogen.net/es/herramientas/>
- Franco, T, e Hidalgo, R. (2010). *Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos*. Boletín técnico, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali.
- Garcéz Fiallos, F. R., Zabala Palacios, R. G., Díaz Coronel, T. G., y Vera Avilés, D. F. (2012). Evaluación agronómica y fitosanitaria de germoplasma de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el trópico húmedo Ecuatoriano. *UDO Agrícola*, 12(2), 230-240. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4688268>
- Ghimire, R., Lamichhane, S., Sharma Achrya, B., Prakriti, B., y Man, U. (2017). Labranza, residuos de cultivos y efectos del manejo de nutrientes en el suelo. carbono orgánico en sistemas de cultivo a base de arroz. *Agricultura Integrativa*, 16(1), 1-15.
- Goyes, Barragán, D. P. (2014). *Evaluación de la aclimatación de 10 cultivares de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L), a campo abierto en Pisin, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo* [Tesis ESPOCH]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3301>
- Granito, M, Guinand, J, Pérez, D, y Pérez, S. (2009). Valor nutricional y propiedades funcionales de *Phaseolus vulgaris* procesada: un ingrediente potencial para alimentos. *Interciencia*, 34(2), 64-70.
- Guato, N. A. (2015). *Caracterización morfológica de hongos fitopatógenos en el cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris) en el sector Panyatug, cantón pangua, Cotopaxi 2015* [Tesis de grado, UTC]. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2825/1/T-UTC-00349.pdf>
- Gutiérrez, C., y Quiñonez, L. (2011). *Evaluación agronómica de 130 cultivares de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en la zona de Taura, provincia del Guayas*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8167/1/TESIS%20DE%20FREJOL.pdf>
- Gutiérrez, R., González, A., Torres, F., y Gallardo, J. (1994). *Técnicas de análisis de datos multivariable. Tratamiento computacional*. <http://www.ugr.es/~cdocmat/Programas/andatos.htm>
- Hernán, M. Z. (2013). *Evaluación agronómica de quince cultivares de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.), en la estación experimental del austro "Bullcay"; mediante el apoyo de la investigación participativa con enfoque de género para la siembra sur del Ecuador*. [Trabajo de investigación, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5101/1/UPS-CT002697.pdf>

- Hernández L., Vargas, L., Muruaga J., Hernández, S., y Mayek, N. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común: Avances y perspectivas. *Revista fitotecnica mexicana*, 36(2), 95-104.
- Ibarra P., y Gastelum, R., F. (2008). Rendimiento y características morfológicas relacionadas con tipo de planta erecta en frijol para riego. *Fitotecnica Mexicana*, 31(3), 203-211.
- Instituto Geográfico Militar, (2017). Base de Datos del cantón Cotacachi. *Base escala 1:50000*.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2004). *Producción de semilla de frejol voluble o trepador*. INIAP. Publicación Miscelánea. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2694>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2010). *Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos*. Informe Anual de actividades. Estación Experimental Santa Catalina, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2694>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2014). *Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos*. Estación Experimental Santa Catalina, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mlegum/rfrefjol>
- Jaramillo, S., y Baena, M. (2000). *Material de apoyo a la capacitación en conservación Ex Situ de Recursos Fitogenéticos*. Manual, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali.
- Jiménez, J. (2009). *Principales plagas del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L. Leguminosae)*. InfoAgro, (4), 2. [http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/HojasDivulgativas/Principales%20plagas%20del%20cultivo%20de%20frijol%20\(Phaseolus%20vulgaris%20L.%20Leguminosae\).pdf](http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/HojasDivulgativas/Principales%20plagas%20del%20cultivo%20de%20frijol%20(Phaseolus%20vulgaris%20L.%20Leguminosae).pdf)
- Ligarreto, G., y Martínez, O. (2002). Variabilidad genética en frejol común (*Phaseolus vulgaris* L.): I. Análisis de variables morfológicas y agronómicas cuantitativas. *Agronomía colombiana*, 19, 1-2.
- Ligarreto, G. (2013). Componentes de variancia en variables de crecimiento y fotosíntesis en fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 16(1), 87-96.
- López, J., y Ligarreto, G. (2006). Evaluación por rendimiento de 12 genotipos promisorios de fríjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo Bola roja y Reventón para las zonas frías de Colombia. *Agronomía Colombiana*, 24(2), 238-246.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2017). Sistema de información: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Manlay, R., y Feller, C. (2007). Evolución histórica de los conceptos de materia orgánica del suelo y sus relaciones con la fertilidad y sostenibilidad de los sistemas de cultivo. *Agricultura, ecosistema y medio ambiente*, 119(3-4), 217-233.

- Maxted, N, Shelagh, K., Toledo, A., Dulloo, E., Heywood, V., Hodgkin, T, Ford-Lloyd, B. (2010). Un enfoque global para la conservación relativa de cultivos silvestres: asegurar el acervo genético para la alimentación y la agricultura. *Boletín de Kew*, 65(4), 561-576.
- McCouch, S., Baute, G., y Zamir, D. (2013). Alimentando el futuro. *Naturaleza*, 23-24.
- Meza V., Lépiz I., López A., y Morales, R. (2015). Caracterización morfológica y fenológica de especies silvestres de frijol (*Phaseolus*). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(1), 17-28.
- Maphosa, Y., y Jideani, V. A. (2017). The role of legumes in human nutrition. *El Higo Revista Científica*, 9(01), 35-44.
- Ministerio de Turismo. (2014). *Gobierno de la República del Ecuador*. Ministerio de Turismo: <https://www.turismo.gob.ec/ecuador-megadiverso-y-unico-en-el-centro-del-mundo/>
- Monar, C., Silva, D., Velasco, I., y Guambuete, I. (2014). Evaluación agronómica de cuatro clones promisorios y tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) con investigación participativa en cuatro localidades de la provincia Bolívar. *Revista de investigación Talentos*, 1(1), 77-83.
- Mondragón, P., y Serrano, C. (2018). Leguminosas Forrajeras. *Revista Agro productividad*, 2, 27-31.
- Monteros, A., Tacan, M., Tapia, C., Paredes, N., y Lima, L. (2018). *Guía para el manejo de los recursos fitogenéticos en Ecuador*. Protocolos, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos, Mejía, Ecuador.
- Morales M, Andueza N, Márquez Q, Benavides. M, Tun S, González M y Alvarado L. (2019). Caracterización morfológica de semillas de frijol caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) de la Península de Yucatán. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(18), 463-475:
- Morales, F. (2004). *Proyecto Tropical de Mosca Blanca*. Guía, Centro Internacional de Agricultura Tropical. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08cc1ed915d3cfd0015bc/R8041_FT_R_Coordination_Anex05.pdf
- Naranjo, Q., Tapia, C., Velázquez, F., Cruz, P., Delgado P, Borja E., y Paredes, A. (2018). Caracterización Eco-geográfica de melloco (*Ullucus tuberosus* C.) en la Región Alto Andina del Ecuador. *La Técnica* 1, 31-46.
- Pálate, J. (2019). Evaluación agronómica de tres variedades de Fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo las condiciones climáticas de la comunidad de Rumichaca del cantón Pelileo. [Proyecto de investigación, Universidad Técnica de Ambato].
- Parra, Q. (2015). *Aplicaciones de la Ecogeografía en la conservación y uso de los recursos fitogenéticos facilitadas por sistemas de información geográfica*. Programa CAPFITOGEN. Manual, FAO, Bogotá.

- Parra, Q., López, F., Torres L., e Iriondo, J. (2015). *Programa para el fortalecimiento de las capacidades nacionales en recursos fitogenéticos* CAPFITOGEN. FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-bc036s.pdf>
- Parra, Q. (2011). *Definiendo ecogeografía* Agrobiodiversidad en Acción. Recursos Fitogenéticos Agrobiodiversidad.org: <http://www.agrobiodiversidad.org/blog/?p=35>
- Parra, Q. (2013). *Bases de la aplicación de la Ecogeografía en la conservación y uso de los recursos fitogenéticos*. Presentación. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-be526s.pdf>
- Parra, Q., Draper M., Torres, E., e Iriondo., J. (2008). *Conservación y uso relativo de cultivos silvestres*. (N. M. al, Ed.) CABI. https://www.researchgate.net/publication/288372872_Ecogeographical_representativeness_in_crop_wild_relative_ex_situ_collections
- Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N., Pinzón, J., y Villacrés, E. (2013). *Manual agrícola de frejol y otras leguminosas: Cultivos, variedades, costos de producción*. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Quito, Ecuador. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2705/1/iniapscpm135%283%29.pdf>
- Peralta, E. (2010). *Manual Agrícola de frejol y otras leguminosas*. Cultivos, variedades y costos de producción. INIAP (135), 12.
- Peralta, E. (2011). *Nueva variedad de fréjol arbustivo de grano negro*. Boletín Divulgativo, Quito-Ecuador.
- Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N., y Rodríguez, D. G. (2014). Catálogo de variedades mejoradas de frejol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) para los valles y estribaciones de la Sierra Ecuatoriana: Incluye huella digital y razas (tercera ed.). Quito, Ecuador: Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, 2014. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2712>
- Peralta, E., Murillo, A., Calcedo, C., Pinzón J, y Rivera, M. (2005). *Manual agrícola de leguminosas*. Quito: Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/509>
- Piedra, B., Tapia, C., Estrella, E., y Morillo, E. (2002). *Caracterización morfoagronómica y molecular de la colección de oca*. [Informe Estación Experimental Santa Catalina, Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos y Biotecnología]. Quito: Quito, EC: INIAP, Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3817>
- Pineda, L., y Suárez, J. (2014). Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. *Ingeniería Agrícola*, 4(3), 28-32.
- Pumalpa M, Cántaro S, Estrada C, y Huaranga J. (2020). Caracterización fenotípica y agronómica de líneas avanzadas de fríjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) Resistentes a virus en Perú. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(1), 7-20.

- Rendon- Anaya, M., Herrera- Estrella, E., Gepts, P., y Delgado Salinas, A. (2017). A new species of *Phaseolus* (*Leguminosae*, *Papilionoideae*) sister to *Phaseolus vulgaris*, the common bean. *Phytotaxa*, 313(3), 259.
- Reyes, C. (2015). Roya - *Uromyces appendiculatus* [Gráfico]. Panorama Agro. <https://panorama-agro.com/?p=363>
- Siddiq, M., Ravi, R., Harte, J., y Dolan, K. (2010). Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *LWT- Food Science and Technology*, 43(2), 232-237.
- Silva, P., Bastos, T., Passos, B., Bastos, J., y Aleixo de Silva, J. (2011). Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes. *Ciencia Agronomica*, 42(1), 132-128.
- Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA]. (2017). Datos anuales producción. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Stephen, L., y Donald, O. (2010). Más que tomar el calor: cultivos y cambio global. *Plant Biology*, 13(3), 240-247.
- Tamayo, V. (2011). Comportamiento agronómico de cinco cultivares de frejol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.). Quevedo. Ecuador.
- Tamayo, J., y Londoño, E. (2001). Manejo integrado de enfermedades y plagas del fríjol (primera ed.) Selva (Ed.) Antioquia, Rionegro, Colombia: CORPOICA. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6409/1/Manejo%20integrado%20de%20plagas%20y%20enfermedades%20en%20frijol.pdf>
- Tapia , C., Carrera, H., Acosta, V., Chalampunte, D., Lima, L., Navarro, A., Villota, C. (2011). Promoción de los cultivos andinos para el desarrollo rural en Cotacachi-Ecuador. Quito, Ecuador: Cotacachi, EC:INIAP.
- Tapia Bastidas, G. (2015). *Identificación de áreas prioritarias para la conservación de razas de maíz en la Sierra de Ecuador*. [Tesis doctoral, Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos, Biología Vegetal, Madrid.]. http://oa.upm.es/35522/1/CESAR_GUILLERMO_TAPIA_BASTIDAS.pdf
- Tapia, I., y Mayorga, M. (2015). Incidencia del cambio climático en la producción y comercialización de frijol rojo periodo 2009-2013. [Tesis de pregrado, UNAN] <https://repositorio.unan.edu.ni/957/1/7989.pdf>
- Tapia, H. (1987). Variedades mejoradas de fréjol (*Phaseolus vulgaris* F.) con grano color rojo para Nicaragua. Nicaragua: Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias.
- Torres, E., Quisphe, D., Sánchez, A., Reyes, M., González, B., Torres, A., Haro, A. (2013). Caracterización de la producción de frijol en la provincia de Cotopaxi Ecuador: caso comuna Panyatug. *Ciencia y Tecnologia*, 6(1), 23-31.
- Tutiven, J. A. (2016). Comportamiento Agronómico de siete cultivares de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) introducidos y nacionales bajo condiciones urbanas. [Trabajo de Titulación, Universidad de Guayaquil].

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/14087/1/Tutiven%20Veliz%20Jorge%20Alberto.pdf>

- Ulcuango, R. E. (2018). Evaluación morfoagronómica de variedades locales de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) de la parroquia Chaltura en la granja "La Pradera", Cantón Antonio Ante. [Trabajo de grado obtención del Título de Ingeniero en Agropecuaria, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8122/2/ART%C3%8DCULO.pdf>
- Ulloa, A., Rangel, E., Ramírez, C., y Ulloa, R. (2011). El frijo (*Phaseolus vulgaris* L.) su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Fuente*, 3(8), 5-9.
- Varela, A., Rueda, M., y Munévar, F. (2010). *Ciencia del Suelo*. Burbano O y Silva M. (Edits.) Bogota, Colombia.
- Vidal, E., y Ruíz, Y. (2010). Caracteres fenotípicos de la f1 y f2 de híbridos de cruzamientos recíprocos entre seis líneas de frijol común. *Investigación Valdizana*, 4(1), 16-21.
- Walter, E. C. (2005). *Evaluación de once variedades de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) durante la época seca de año 2004 en la zona de Quevedo*. [Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]

ANEXOS

Anexo 1 *Datos Pasaporte de las adiciones de fréjol.*

Datos pasaporte de las adiciones					
Adición	Cantón	Localidad	Altitud	Latitud	Longitud
Ecu-15516	Cotacachi	Anrabí	2520	0°17'68''N	78°16'873''W
Ecu-15501	Cotacachi	Chilcapamba	2600	0°17'55''N	78°17'857''W
Ecu-15413	Cotacachi	Anrabí	2550	0°17'91''N	78°17'181''W
Ecu-15416	Ibarra	San Antonio	2840	0°16'35''N	78°19'552''W
Ecu-15557	Ibarra	Ambí	2440	0°21'15''N	78°14'389''W
Ecu-15510	Ibarra	Ambí	2440	0°21'15''N	78°14'389''W
Ecu-15527	Cotacachi	Turuco	2600	0°17'82''N	78°16'739''W
Yana Vaca	Ibarra	San Pedro	2450	0°19'45''N	78°16'978''W
Yura Pintado	Cotacachi	El cercado	2400	0°20'00''N	78°16'502''W
Ecu-15401	Cotacachi	Morochos	2750	0°17'62''N	78°18'17''W
Ecu-15507	Cotacachi	Morochos	2750	0°17'62''N	78°18'17''W
Ecu-15506	Cotacachi	Chilcapamba	2000	0°17'50''N	78°17'741''W
Ecu-15412	Cotacachi	San Antonio Punge	2710	0°16'11''N	78°18'578''W
Ecu-15504	Cotacachi	Chilcapamba	2600	0°17'50''N	78°17'741''W
Ecu-15524	Cotacachi	Topo Grande	2610	0°18'45''N	78°17'293''W
Ecu-15490	Cotacachi	Iltaqui	2710	0°18'11''N	78°18'194''W
Ecu-15511	Cotacachi	Domingo Sabio	2620	0°16'30''N	78°17'625''W
Café Pintado	Ibarra	San Pedro	2450	0°19'45''N	78°16'978''W
Ecu-15499	Cotacachi	Chilcapamba	2600	0°17'55''N	78°17'587''W
Yura Alpa	Cotacachi	El cercado	2400	0°20'00''N	78°16'502''W
Ecu-15428	Cotacachi	Morochos	2770	0°17'61''N	78°19'082''W
Ecu-15429	Cotacachi	Morochos	2770	0°17'61''N	78°19'082''W
Ecu-17312	Cotacachi	Cumbas	2700	0°15'84''N	78°18'999''W
Ecu-17173	Cotacachi	Colimbuella	2560	0°20'74''N	78°15'732''W
Ecu-17133	Ibarra	San Antonio	2760	0°16'21''N	78°19'082''W
Ecu-17162	Ibarra	San Antonio	2761	0°16'21''N	78°19'082''W
Ecu-17996	Ibarra	San Antonio	2762	0°16'21''N	78°19'082''W
Ecu-17218	Ibarra	San Antonio	2763	0°16'21''N	78°19'08''W
Mixturiado 1	Cotacachi	Domingo Sabio	2620	0°16'30''N	78°17'625''W
Mixturiado 2	Cotacachi	Cumbas	2700	0°15'84''N	78°18'999''W
Mixturiado 3	Cotacachi	Morochos	2750	0°17'62''N	78°18'17''W
Mixturiado 4	Cotacachi	Morochos	2750	0°17'62''N	78°18'17''W
Mixturiado 5	Cotacachi	Turuco	2600	0°17'82''N	78°16'739''W
Mixturiado 6	Cotacachi	Anrabí	2520	0°17'68''N	78°16'873''W
Mixturiado 7	Cotacachi	Anrabí	2521	0°17'68''N	78°16'873''W
Mixturiado 8	Cotacachi	Anrabí	2522	0°17'68''N	78°16'873''W
Mixturiado 9	Cotacachi	Chilcapamba	2600	0°17'50''N	78°17'741''W
Mixturiado 10	Cotacachi	Iltaqui	2601	0°17'50''N	78°17'741''W
Mixturiado 11	Cotacachi	Colimbuella	2560	0°20'74''N	78°15'732''W

Anexo 2 Frecuencia relativa de los tres grupos de accesiones presentes en la colección de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Carácter	G1 (%)	G2 (%)	G3 (%)	Total (%)
Color de las alas				
1. Blanco	38 (75)	27 (45)	0	21 (120)
8. Púrpura	0	9 (15)	0	3 (15)
9. Naranja	8 (15)	18 (30)	0	8 (45)
10. Violeta	54 (105)	27 (45)	100 (225)	64 (375)
11. Amarillo	0	16 (30)	0	5 (30)
Color del estandarte				
1. Blanco	0	9 (15)	0	3 (15)
2. Verde	54 (105)	27 (45)	13 (30)	31 (180)
9. Púrpura	23 (45)	9 (15)	47 (105)	28 (165)
10. Marrón claro	8 (15)	0	7 (15)	5 (30)
11. Violeta oscuro	0	9 (15)	7 (15)	5 (30)
12. Violeta	8 (15)	45 (75)	13 (30)	21 (120)
13. Rosa azulado	8 (15)	0	13 (30)	8 (45)
Forma de la vaina				
1. Recta	62 (120)	9 (15)	7 (15)	26 (150)
2. Medianamente curvado	38 (75)	64 (105)	53 (120)	51 (300)
3. curvado	0	27 (45)	40 (90)	23 (135)
Color principal de la semilla				
1. Negro	8 (15)	0	20 (45)	10 (60)
3. Marrón oscuro	23 (45)	9 (15)	0	10 (60)
8. Blancuzco	0	36 (60)	13 (30)	15 (90)
11. Verde oliva	0	18 (30)	0	5 (30)
14. Púrpura	8 (15)	0	0	3 (15)
15. Marrón claro	7 (14)	27 (45)	27 (60)	20 (119)
16. Rojo oscuro	31 (60)	0	0	10 (60)
17. Púrpura grisáceo	16 (31)	0	27 (60)	16 (91)
18. Rojo violáceo oscuro	8 (15)	9 (15)	0	5 (30)
19. Rojo grisáceo	0	0	7 (15)	3 (15)
21. Púrpura grisáceo oscuro	0	0	7 (15)	3 (15)
Color secundario de la semilla				
0. Ausente	0	82 (135)	20 (45)	31 (180)
1. Negro	0	0	33 (75)	13 (75)
2. Marrón oscuro	23 (45)	0	0	8 (45)
8. Blancuzco	46 (90)	0	7 (15)	18 (105)
14. Púrpura	0	9 (15)	0	3 (15)
15. Marrón claro	32 (60)	0	13 (30)	15 (90)
17. Púrpura grisáceo	0	0	20 (45)	8 (45)
20. Plomo oscuro	0	9 (15)	0	3 (15)
21. Púrpura grisáceo oscuro	0	0	7 (15)	3 (15)
Distribución del color secundario				
0. Ausente	0	82 (135)	20 (45)	31 (180)
2. A rayas	38 (75)	0	13 (30)	18 (105)
3. Romboide manchado	8 (15)	0	7 (15)	5 (30)
4. Punto	0	0	7 (15)	3 (15)
5. Moteado circular	8 (15)	0	0	3 (15)
6. Color al margen	0	0	7 (15)	3 (15)
7. Rayas anchas	0	0	20 (45)	8 (45)
8. Bicolor	8 (15)	0	7 (15)	5 (30)
9. Manchado bicolor	23 (45)	9 (15)	7 (15)	13 (75)
11. Manchas a un extremo de la semilla	0	9 (15)	0	3 (15)
12. Bicolor con rayas	8 (15)	0	0	3 (15)
13. Alrededor del hilum	8 (15)	0	13 (30)	8 (45)
Forma de la semilla				
2. Ovoide	8 (15)	18 (30)	7 (15)	10 (60)
3. Elíptica	38 (75)	45 (75)	13 (30)	31 (180)
5. Alargada ovoidea	15 (30)	0	80 (180)	36 (210)
8. Arriñonada, recta en el lado del hilum	38 (75)	36 (60)	0	23 (135)

Anexo 3 Accesiones procedentes del Banco de Germoplasma del INIAP



