UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

EVALUACIÓN DE LA COLECCIÓN DE FRÉJOL (*Phaseulous vulgaris* L.) CONSERVADA EN EL CENTRO DE BIOCONOCIMIENTO LA PRADERA, CHALTURA

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuario

AUTORA:

Lizbeth Estefanía Males Yamberla

DIRECTORA:

Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD.

Ibarra-Ecuador 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

EVALUACIÓN DE LA COLECCIÓN DE FRÉJOL (*Phaseulous vulgaris* L.) CONSERVADA EN EL CENTRO DE BIOCONOCIMIENTO LA PRADERA, CHALTURA

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

INGENIERO/A AGROPECUARIO/A

APROBADO:

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
DORIS SALOME
CHALAMPUENTE FLORES

Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD. _____

DIRECTOR FIRMA

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
IMA SUMAC SANCHEZ
DE CESPEDES

Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes, MSc. _____

ASESORA FIRMA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

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	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Lizbeth Estefanía Males Yamberla

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LA COLECCIÓN DE FRÉJOL (*Phaseulous vulgaris* L.) CONSERVADA EN EL CENTRO DE BIOCONOCIMIENTO LA PRADERA, CHALTURA
AUTOR (ES):	Lizbeth Estefanía Males Yamberla
FECHA:	06 de julio del 2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** □ **POSGRADO**
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Doris Solomé Chamampuente Flores, PhD/ Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes, MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor 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 06 días del mes de julio de 2026

EL AUTOR:

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
LIZBETH ESTEFANIA MALES YAMBERLA

……..
Lizbeth Estefania Males Yamberla

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Srta. Lizbeth Estefanía Males Yamberla, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 06 días del mes de julio de 2026

Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 06 días del mes de julio de 2026

Lizbeth Estefanía Males Yamberla: "EVALUACIÓN DE LA COLECCIÓN DE FRÉJOL (*Phaseulous vulgaris* L.) CONSERVADA EN EL CENTRO DE BIOCONOCIMIENTO LA PRADERA, CHALTURA" / Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Agropecuaria. Ibarra, Ibarra, a los 6 días del mes de julio de 2026, 95 páginas.

DIRECTOR (A): Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la colección de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) conservada en el Centro de Bioconocimiento La Pradera Chaltura. Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Comparar las características morfoagronómica de la colección de fréjol conservada en el Centro de Bioconocimiento La Pradera.
- Identificar materiales promisorios con potencial productivo para Imbabura.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por darme fuerza, sabiduría y ser mi guía para poder enfrentar en este camino universitaria, además de ayudarme a cumplir una de mis metas, así también a la prestigiosa Universidad Técnica del Norte por bridar el espacio y los recursos para realizar la investigación y ser parte de esta formación.

De igual manera presento mi gratitud hacia mi directora de la tesis la Doctora Doris Chalampuente, quien fue un pilar fundamental para el desarrollo de esta investigación con su sabiduría, paciencia, además, de su apoyo y confianza las cuales fueron cruciales para la finalización de esta meta. Además, agradezco al Ingeniero Alexis Pijuango técnico del proyecto FIASA quien me acompañó y solventó las dudas en campo durante la investigación.

Al Proyecto financiado por el Fondo para la Investigación en Agrobiodiversidad, Semillas y Agricultura Sustentable (FIASA) a través del proyecto: "Fortalecimiento del Centro de Bioconocimiento La Pradera como eje integrador de bancos comunitarios de semillas de Imbabura y la generación sistemas alimentarios más sostenibles y resilientes" a través del cual se desarrolló la presente investigación.

A la Carrera de Agropecuaria y a quienes la conforman como docentes, trabajadores encargados de cada área de producción, pecuaria y agrícola, ya que cada uno de ellos estuvieron presentes durante este camino con su amabilidad, paciencia y sobre todo la solidaridad.

A mis amigos quienes siempre estuvieron en mi camino tanto personal como académico e hicieron más llevadero este camino, brindándome su cariño y apoyo, además fueron quienes me ayudaron en la fase de campo y la evaluación de variables, les agradezco de todo corazón y siempre los tendré presente.

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada a mis abuelitos Luz María Tituaña y Alberto Yamberla quienes siempre me mostraron apoyo, amor incondicional y me enseñaron a levantarme en cada caída, además fueron quienes siempre estuvieron presentes y veían la manera de poder verme feliz, así como cumplir esta meta, su ejemplo de esfuerzo, humildad, y perseverancia ha sido una inspiración constante en mi vida y una guía firme en cada paso que he dado, por ende no solo les dedico este logro sino también la persona que soy.

A mis tíos por ayudarme a cumplir esta meta, y ser un ejemplo a seguir, siempre mostrándome el lado positivo de las cosas cuando yo lo veía blanco y negro; para ustedes este logro, ya que con su esfuerzo me ayudaron a cumplir esta meta.

A mis hermanos por ser quienes me motivan a seguir adelante ya que cada paso que doy lo hago pensando en ustedes, en ser un ejemplo demostrándoles que los sueños se pueden alcanzar por ende no dejen de soñar. Este logro también es de ustedes ya que son la razón para superarme cada día.

Y dedico este logro a mis familiares más cercanos que con sus palabras de aliento y motivación me acompañaron con cariño en este camino, a cada uno de ustedes que siempre mostraron confianza en mí y contribuyeron en mi crecimiento personal y académico, por ello esta meta alcanzada es para toda mi familia con gratitud y amor, ya que son mi apoyo incondicional y mi mayor inspiración.

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS VIII

INDICE DE FIGURAS XII

INDICE DE TABLAS XIV

RESUMEN XVI

ABSTRACT XVII

CAPITULO I 1

INTRODUCCIÓN 1

1.1. Antecedentes 1

1.2. Problema 2

1.3. Justificación 2

1.4. Objetivos 3

1.4.1. Objetivo general *3*

1.4.2. Objetivos específicos *3*

1.5. Hipótesis 3

CAPITULO II 4

MARCO TEÓRICO 4

2.1. Origen del fréjol 4

2.2. Importancia del cultivo en Ecuador 4

2.3. Clasificación taxonómica 5

2.4. Descripción botánica del fréjol 5

2.4.1. Sistema radicular *5*

2.4.2. Tallo *6*

2.4.3. Hojas *6*

2.4.4. Flores *6*

2.4.5. Fruto *6*

2.4.6. Semilla *7*

2.4.7. Hábito de crecimiento *7*

2.5. Condiciones de clima y suelo para la siembra de fréjol 7

2.5.1. Ciclo del cultivo *7*

2.6. Etapas fenológicas 8

2.6.1. La fase vegetativa *8*

2.6.2. La fase reproductiva *8*

2.7. Plagas y enfermedades del fréjol 9

2.8. Caracterizaciones morfológicas 10

2.8.1. Descriptores morfológicos y agronómicos *11*

2.8.2. Tipos de descriptores *11*

2.9 Conservación in situ 11

2.10. Conservación *ex situ* 12

2.11. MARCO LEGAL 12

CAPITULO III 14

MARCO METODOLÓGICO 14

3.1. Caracterización del área de estudio 14

3.2. Ubicación del área de estudio 14

3.3. Características edafoclimáticas 15

3.4. Materiales, equipos, insumos y herramientas 15

3.5. Factor de estudio 16

3.6. Características del experimento 17

3.6.1. Características de la unidad experimental 17

3.7. Análisis estadístico 17

3.8. Variables evaluadas dentro de la investigación 18

3.8.1. Variables cuantitativas *18*

3.8.2. Variables Cualitativos *21*

3.9. Manejo específico del experimento 27

3.10. Controles fitosanitarios 29

3.10.1 Elaboración del extracto de las semillas de higuerilla *29*

CAPÍTULO IV 31

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 31

4.1. Análisis poblacional 31

4.2. Caracterizaciones fenológicas evaluadas en la colección de fréjol del CBDA La Pradera-UTN 31

4.2.1. Días a la emergencia *31*

4.2.1. Porcentaje de Germinación *32*

4.2.2. Días a la floración *32*

4.2.3. Días al envainado *33*

4.2.4. Días a la madurez fisiológica *33*

4.2.5. Días a la cosecha *34*

4.3. Características de la vaina y semilla de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) 34

4.3.1. Longitud de la vaina *35*

4.3.2. Ancho de la vaina *35*

4.3.3. Número de semillas por vaina *35*

4.3.4. Longitud de la semilla *36*

4.3.5. Ancho de la semilla *36*

4.4. Rendimiento 37

4.4.1. Peso de 100 semillas (g) *37*

4.4.2. Rendimiento por planta *38*

4.4. Características cualitativas evaluadas en el cultivo de fréjol (hábito de crecimiento, características de la flor y color en la semilla) 38

4.5.1. Hábito de crecimiento *38*

4.5.2. Color de las alas *39*

4.5.3. Color del estandarte de la flor de fréjol *40*

4.5.4. Color de la quilla de la flor *41*

4.5.5. Color del tallo en la etapa de madurez fisiológica *41*
4.5.6. Color de la vaina del fréjol en la etapa de cosecha *42*
4.5.7. Forma de la vaina *43*
4.5.8. Forma de la semilla *44*
4.5.9. Color primario de la semilla de fréjol *44*
4.5.10. Color secundario de la semilla de fréjol *45*
4.6. Análisis de componentes principales (ACP) en la colección de fréjol de la provincia de Imbabura 46
4.7. Análisis por conglomerados en 128 accesiones evaluados en el cultivo de fréjol 48
4.8. Análisis de valor discriminante para las características cuantitativos y cualitativos 53
4.8.1. Características cuantitativas del cultivo de fréjol *53*
4.8.2. Características cualitativas a nivel grupal en el cultivo de fréjol *56*
4.9. Identificación de morfotipos por grupos 57
4.9.1. Características asociadas a la semilla vaina y hábito de crecimiento *57*
4.9.2. Distribución de los descriptores de color floral en grupos de accesiones *58*
4.9.3. Características asociadas a la vaina, semilla y tallo *59*
4.10. Selección de materiales promisorios 59
4.10.1. Grupo 1 ..... *59*
4.10.2. Grupo 2 ..... *62*
4.10.3. Grupo 3 ..... *64*
4.10.4. Grupo 4 ..... *67*
4.10.5. Grupo 5 ..... *68*
CAPÍTULO V 70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 70
5.1 CONCLUSIONES 70
5.2 RECOMENDACIONES 71
REFERENCIAS 72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Hábito de crecimiento del cultivo de fréjol* 7
Figura 2 *Ubicación de la investigación* 14
Figura 3 *Diseño experimental del área del estudio en el cultivo de fréjol* 17
Figura 4 *Semillas de fréjol germinadas* 19
Figura 5 *Componentes y determinación de la longitud de la vaina del fréjol* 20
Figura 6 *Determinación de la longitud de la vaina del fréjol* 21
Figura 7 *Peso de las 100 semillas de fréjol* 21
Figura 8 *Partes de la flor del cultivo de fréjol* 22
Figura 9 *Variedades de colores en las alas de la flor de las accesiones evaluadas* 23
Figura 10 *Hábitos de crecimiento del cultivo de fréjol* 23
Figura 11 *Formas de la vaina de fréjol en la etapa de cosecha* 24
Figura 12 *Esquema de formas de la semilla de fréjol utilizadas en la investigación* 25
Figura 13 *Variabilidad morfológica de las semillas de fréjol presentes en la colección* 25
Figura 14 *Diversidad de colores en las semillas de las diferentes accesiones de fréjol* 27
Figura 15 *Establecimiento del experimento mediante siembra por golpe de las accesiones de fréjol* 28
Figura 16 *Tutorado de fréjol* 29
Figura 17 *Hábito de crecimiento identificado en la colección de fréjol* 39
Figura 18 *Color de las alas de la flor de fréjol* 39
Figura 19 *Color del estandarte de la flor de fréjol* 40
Figura 20 *Color de la quilla de la flor* 41
Figura 21 *Color del tallo del fréjol en la etapa de madurez fisiológico* 42
Figura 22 *Color de la vaina del fréjol en la etapa de cosecha* 43
Figura 23 *Forma de la vaina de fréjol en la etapa de cosecha* 43
Figura 24 *Forma de la semilla de la colección de fréjol* 44
Figura 25 *Color primario de la semilla de fréjol* 45
Figura 26 *Color secundario de la semilla de fréjol* 46
Figura 27 *Distribución de variables originales de las accesiones sobre el primero y segundo componente principal en la evaluación de las 128 accesiones de fréjol* 48
Figura 28 *Dendrograma de agrupamiento jerárquico de Ward que muestra las relaciones de las 128 accesiones del cultivo de fréjol Phaseolus vulgaris* L. 49

Figura 29 *Dendrograma de 13 accesiones de fréjol que forman parte del grupo*.....50
Figura 30 *Dendrograma del grupo 2 de la colección de fréjol Phaseolus vulgaris* L. 50
Figura 31 *Dendrograma del grupo 3 de la colección de fréjol Phaseolus vulgaris* L. 51
Figura 32 *Dendrograma del grupo 4 de la colección de fréjol Phaseolus vulgaris* L. 52
Figura 33 *Dendrograma del grupo 5 de la colección de fréjol Phaseolus vulgaris* L. 53
Figura 34 *Accesiones promisorias dentro de la colección* 61
Figura 35 *Materiales promisorios identificados dentro del grupo 2*.....63
Figura 36 *Materiales identificados dentro de la colección de fréjol*.....66
Figura 37 *Materiales promisorio identificados dentro de la colección de fréjol* 68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Descripción taxonómica del fréjol* 5
Tabla 2 *Descripción de la etapa vegetativa del cultivo de fréjol* 8
Tabla 3 *Descripción de la etapa reproductiva del cultivo de fréjol* 9
Tabla 4 *Materiales, equipos, insumos y herramientas* 15
Tabla 5 *Accesiones evaluadas dentro de la investigación* 16
Tabla 6 *Características del área del estudio* 17
Tabla 7 *Color de las partes de la flor del fréjol* 22
Tabla 8 Color del tallo del fréjol en la etapa de madurez fisiológica 24
Tabla 9 *Color primario de la semilla de fréjol* 26
Tabla 10 *Color secundario de la semilla del fréjol* 26
Tabla 11 *Manejo agroecológico del cultivo de fréjol* 29
Tabla 12 *Productos químicos en el control de enfermedades del cultivo de fréjol* 30
Tabla 13 *Medidas resumen de las características fenológicas del cultivo de fréjol* 32
Tabla 14 *Medidas resumen para las variables cuantitativas al momento de la cosecha en el cultivo de fréjol* 34
Tabla 15 *Medidas resumen del rendimiento del cultivo de fréjol* 37
Tabla 16 *Análisis de Componentes principales de la colección de 128 accesiones* 47
Tabla 17 *Auto vectores de los primeros componentes en la evaluación de las 128 accesiones* 47
Tabla 18 *Análisis de varianza para variables cuantitativas de las accesiones de fréjol según los conglomerados.* 54
Tabla 19 *Valores discriminantes en parámetros cualitativos mediante la prueba de Chi-cuadrado dentro de las accesiones del fréjol* 56
Tabla 20 *Variables cualitativas correspondientes a formas y hábito de crecimiento del cultivo de fréjol* 57
Tabla 21 *Colores de la flor identificados dentro de la colección de 128 accesiones de fréjol* 58
Tabla 22 *Colores de la semilla, tallos identificados dentro de la colección de 128 accesiones de fréjol* 60
Tabla 23 *Accesiones del grupo 1 para mejoramiento genético* 61
Tabla 24 *Accesión del grupo 2 para mejoramiento genético* 63

Tabla 25 *Accesiones del grupo 3 para la selección de materiales promisorios* 65
Tabla 26 *Selección de materiales promisorios dentro de la colección de fréjol conservadas* 67

EVALUACIÓN DE LA COLECCIÓN DE FRÉJOL (*Phaseulous vulgaris* L.) CONSERVADA EN EL CENTRO DE BIOCONOCIMIENTO LA PRADERA, CHALTURA

Males Yamberla Lizbeth Estefanía

Universidad Técnica del Norte

Correo: lemalesy@utn.edu.ec

RESUMEN

El cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es considerado una fuente esencial de proteína vegetal además de ser un componente estratégico para la seguridad alimentaria y el sustento económico de pequeños agricultores. La presente investigación se basa en la caracterización de 128 accesiones de fréjol de Imbabura, conservadas en el Centro de Bioconocimiento La Pradera. El estudio se realizó con un diseño completamente al azar, donde se evaluaron 27 variables (16 cuantitativas y 11 cualitativas). Los resultados permitieron determinar un promedio de 8 días a la germinación siendo materiales precoces con un 84% de germinación dentro de las accesiones evaluadas, en cuanto al peso de las 100 semillas se identificaron semillas pequeñas de 0.86 cm y grandes de 1.83 cm con un peso de 16 a 93 gramos, de igual manera se observó los días a la cosecha que oscilan desde 100 a 190 días después de la siembra. Según el análisis por conglomerados se identificaron 5 grupos, sin embargo, los materiales promisorios se encuentran dentro del grupo 4 conformadas por 17 accesiones, donde las accesiones CB-UTN-151, CB-UTN-159, Negro Fresa con un rendimiento de 35g a 49g con la presencia de 4 a 5 semillas por vaina. La evaluación de las accesiones permitirá fortalecer los espacios de conservación de la agrobiodiversidad, y seleccionar materiales con características productivas y que respondan a necesidades locales y que incidan en el fortalecimiento de la seguridad alimentaria

Palabras clave: semilla, caracterización, agrobiodiversidad, germinación, seguridad alimentaria.

EVALUATION OF THE BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) COLLECTION CONSERVED AT THE LA PRADERA BIOKNOWLEDGE CENTER, CHALTURA

Males Yamberla Lizbeth Estefanía

Universidad Técnica del Norte

Correo: lemalesy@utn.edu.ec

ABSTRACT

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivation is considered an essential source of plant protein and a strategic component for food security and the economic livelihood of small-scale farmers. This research is based on the characterization of 128 common bean accessions from Imbabura, conserved at the La Pradera Bioknowledge Center. The study was conducted using a completely randomized design, evaluating 27 variables (16 quantitative and 11 qualitative). The results showed an average germination time of 8 days, with the accessions being early-maturing at 84%. The weight of the 100 seeds was varied, ranging from small (0.86 cm) to large (1.83 cm), with a weight of 16 to 93 grams. The number of days to harvest was also monitored, ranging from 100 to 190 days after sowing. According to cluster analysis, five groups were identified; however, the most promising materials are found within group 4, comprised of 17 accessions. Among these are accessions CB-UTN-151, CB-UTN-159, and Negro Fresa, which yield 35 to 49 g and contain four to five seeds per pod. Evaluating these accessions will strengthen agrobiodiversity conservation efforts and facilitate the selection of materials with productive characteristics that meet local needs and contribute to food security.

Keywords: seed, characterization, agrobiodiversity, germination, food security.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es considerado una de las leguminosas más importantes en el mundo, cultivado alrededor de 120 países dentro de los cinco continentes como Asia, América y África. Este cultivo es uno de los alimentos básicos de una dieta por su contenido nutricional y medicinal, ya que cuenta con un alto porcentaje de proteína y carbohidratos, lo que lo hace muy eficiente para el consumo (Ávila et al., 2014).

Según el Instituto Nacional de Estadísticas (INEC, 2022) en Ecuador la producción del fréjol está alrededor de 36 106 hectáreas de superficie que están divididas en fréjol seco con una producción de 26 376 toneladas anuales con un rendimiento de 0.63 t/h y el fréjol tierno con 9 730 toneladas anuales y un rendimiento de 2 681 t/ha. Dentro de esta producción, el 40 % es dedicado para el consumo y el 60 % para exportación. Entre las provincias principales de mayor producción de fréjol se encuentran en Bolívar, Imbabura, Chimborazo, Azuay, Manabí, Cañar, Tungurahua, Los Ríos, Cotopaxi, Pichincha y la provincia de Guayas.

Según Pucuji (2016) existen más de 50 variedades de fréjol dentro del país entre ellas se encuentra el cargabello, rojo moteado, canario, calima negra, calima roja, jema, toa y blanco panamito. Estas se pueden clasificar según su tipo de crecimiento como el voluble y el arbustivo y en varios grupos según su tipo de crecimiento (Tipo I crecimiento determinado arbustivo, Tipo II plantas de crecimiento indeterminado arbustivo, Tipo III indeterminado postrado y el Tipo IV indeterminado trepador), color del grano (negros, blancos, rojos, rosados, bayos), su forma (redondos, alargados) su ciclo vegetativo (ciclo largo, mediano y corto) y por su comportamiento frente a plagas (Moya et al., 2019).

Según el estudio realizado por Tabango (2021), dentro de la caracterización de variedades nativas de fréjol presentó un comportamiento similar entre las diferentes accesiones en las variables de número de días de germinación, sin embargo, el ciclo de vida del fréjol arbustivo fue corta en comparación con las accesiones de crecimiento trepador. Además, se identificó un rango de altitudes de 2 096 y 3 307 msnm que son las condiciones óptimas para el cultivo, sin embargo, se han ido adaptando a nuevos agroecosistemas.

1.2. Problema

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019) se ha perdido el 75 % de diversidad genética del fréjol desde la década de 1900 debido a factores como la agricultura industrial, cambios climáticos y erosión del suelo. Esta pérdida causa la inseguridad alimentaria, la pérdida del patrimonio cultural y la calidad de alimento, de igual manera no existe la colaboración con los agricultores locales, lo cual es importante para conservar la diversidad genética del fréjol y garantizar su disponibilidad para generaciones futuras.

Sin embargo, al optar por las semillas mejoradas o híbridas existe una mayor probabilidad de tener pérdidas del material genético y puede crear una dependencia de los agricultores respecto a las empresas para adquirirlas, sin embargo, la producción de este tipo de material se realiza a condiciones edafoclimáticas específicas, es decir que no son tan adaptables a diferentes climas. Por otro lado, las semillas criollas cuentan con una capacidad de ser conservadas y utilizadas en futuras temporadas, a diferencia de las semillas híbridas que suelen perder sus características deseables en la segunda generación a comparación de materiales criollos. No obstante, han ido perdiendo debido a que no existe mucha información de las características morfoagronómicas de las colecciones dentro del país (Díaz, 2021).

1.3. Justificación

Según Ulcuango (2018), la evaluación morfoagronómica en las variedades locales de fréjol permite obtener características morfológicas y agronómicas, lo cual es importante para el desarrollo de programas de mejoramiento genético. De igual manera McCouch et al., (2013) muestran la importancia de la conservación y caracterización del cultivo, ya que ayuda a aumentar la eficiencia al realizar la siembra, dando a conocer los aspectos técnicos como la adaptabilidad a condiciones ambientales disminuyendo un cierto porcentaje de pérdidas en el fréjol y la disminución de costos.

Además, al realizar la caracterización permitió conocer la variabilidad genética de los diversos materiales de colección que estén enfocados a la adaptabilidad, resistencia ante plagas y enfermedades, facilitando la identificar de materiales promisorios con características óptimas para el mercado, así también reintroducir estos materiales a las zonas agrícolas y diversificar parcelas productivas (Tabango, 2021).

De igual manera al rescatar la diversidad de las semillas nacionales y recuperación del material genético ayudaron a los agricultores de la zona a tener una seguridad y soberanía alimentaria de las localidades siendo una estrategia más de conservación, ya que las semillas mejoradas o hibridas requieren de manejos intensivos con productos químicos. Con la presente investigación se evaluó y caracterizó el banco de germoplasma de las semillas provenientes de la provincia de Imbabura donde los resultados obtenidos serán de utilidad para el agricultor ya que se podrá visualizar el efecto de cada una de ellas y elegir con seguridad las características de interés.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la colección de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) conservada en el Centro de Bioconocimiento La Pradera Chaltura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Comparar las características morfoagronómica de la colección de fréjol conservada en el Centro de Bioconocimiento La Pradera.
- Identificar materiales promisorios con potencial productivo para Imbabura.

1.5. Hipótesis

- Ho: no existe variabilidad de material genético dentro de la colección de fréjol conservada en el Centro de Bioconocimiento La Pradera.
- Ha: Existe variabilidad de material genético dentro de la colección de fréjol conservada en el Centro de Bioconocimiento La Pradera.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Origen del fréjol

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2020) señala que el centro de origen del fréjol es Mesoamérica específicamente en el occidente y sur de México desde Jalisco hasta Oaxaca desde hace 8000 años. De igual manera existe tres centros de domesticación, los cuales son Mesoamérica, Norte Andino y Sur Andino. Este cultivo fue una de las principales especies que fueron integrados a la dieta básica de las culturas indígenas, por su contenido nutricional. Por ello, se considera importante la producción agrícola de fréjol en el desarrollo de las civilizaciones americanas desde los tiempos prehispánicos.

2.2. Importancia del cultivo en Ecuador

Según el estudio realizado por Maldonado (2022) sobre el comportamiento de la producción de fréjol en el Ecuador se obtuvo como resultados que existen diferentes variedades en distintas zonas que están relacionadas con la diversidad fenotípica en el país. Conservar esta diversidad productiva del fréjol permite no solo mantener la seguridad alimentaria de los ecuatorianos, sino también aporta significativamente al crecimiento y desarrollo económico del país.

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2023) la actividad agrícola de este cultivo es importante debido a que más de 59 mil personas trabajaban en esta industria, de los cuales el 59 % corresponde a mano de obra familiar. La producción de este cultivo es de 12 972 toneladas y una superficie plantada de 19 653 ha a nivel nacional, sin embargo, la superficie cultivada en la provincia de Imbabura es de 2 458 ha con un rendimiento de 0.90 toneladas por hectáreas. En los últimos años más del 80 % es exportado a Colombia y países secundarios como Estados Unidos, Perú y Argentina, siendo una tendencia positiva y negativa debido a los efectos del cambio climático y el PIB agrícola que ha crecido constantemente contribuyendo con 1.1 %.

- **Contenido nutricional**

Las propiedades nutritivas que posee el fréjol están relacionadas con su alto contenido proteico que varía de 14% a 33 % dependiendo de la variedad del fréjol, por otro lado, tiene una aportación mínima de carbohidratos, vitaminas y minerales, además, son ricos en aminoácidos como la lisina (9.3 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (9.8 g/100 g de proteína).

El fréjol también es buena fuente de fibra cuyo valor varía de 14 a 19% y están compuesta por pectinas, pentosanos, hemicelulosa, celulosa y lignina (Dumas, 2022).

2.3. Clasificación taxonómica

Según Valladares (2010) la clasificación taxonómica para el cultivo de fréjol se muestra en la tabla 1

Tabla 1

Descripción taxonómica del fréjol

Nombre	Descripción
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clases	Magnolipsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	*Phaseolus*
Especie	*Phaseolus vulgaris*
Nombre científico	*Phaseolus vulgaris* L.

2.4. Descripción botánica del fréjol

El fréjol es una leguminosa conocida como "poroto" es una planta angiosperma dicotiledónea pertenecientes a la familia Fabaceae, herbácea, arbustiva y con abundantes hojas; de estación más o menos erecta, con ramas que provienen del tallo principal, según las condiciones ambientales. La altura y dureza del tallo dependen primordialmente de la densidad poblacional.

Valladares (2010) y Cámara de Comercio de Bogotá (2015) detallan la siguiente descripción botánica para el fréjol:

2.4.1. Sistema radicular

El sistema radicular del fréjol es de tipo fibroso o fasciculado, su raíz se encuentra de manera superficial dentro de los primeros 20 cm de suelo. Dentro de las primeras etapas del desarrollo este sistema está formado por la radícula del embrión, al pasar el tiempo va desarrollando la raíz principal, raíces secundarias con pelos absorbentes que permite el paso de agua y

nutrientes, raíces terciarias y demás subdivisiones, además presentan nódulos para la fijación de nitrógeno.

2.4.2. Tallo

Este órgano vegetal es el eje central de la planta, es herbáceo y presenta cuatro tipos de hábitos de crecimiento: Tipo I (determinado arbustivo), Tipo II (indeterminado arbustivo), Tipo III (indeterminado postrado) y Tipo IV (indeterminado trepador) según la variedad que corresponda. Además, este órgano está conformado por una sucesión de nudos y entrenudos que permite el desarrollo de las hojas, ramas y órganos reproductivos.

2.4.3. Hojas

El fréjol está constituido por hojas simples que es el primer par de hojas en aparecer dentro de la etapa de desarrollo tiene una forma acorazonada, de igual manera conforman hojas compuestas trifoliadas una central (ovoide) y dos laterales (asimétricos). Estas hojas se encuentran dentro de los nudos de los tallos y los cotiledones dan origen a este órgano vegetal y participan activamente en el proceso fotosintético de la planta.

2.4.4. Flores

Las flores aparecen en las axilas de las hojas en forma de racimos Durante el proceso en la etapa reproductiva presentan dos estados, el cual es el botón floral y la flor completamente abierta, dentro del segundo estado está conformado por tres partes como las alas, quilla y el estandarte, dentro de ello puede variar colores desde el blanco hasta morado, además estos colores pueden variar a medida que van cumpliendo su etapa reproductiva y el clima. Son hermafroditas y completas, su desarrollo comienza por la parte inferior de la planta, suelen autofecundarse, por lo que se multiplican por semillas sin perder las características genéticas de la planta madre a mediano plazo.

2.4.5. Fruto

Son vainas con dos valvas dentro de ello se encuentran las semillas, es considerado como leguminosa; en la unión de las valvas presenta dos suturas, la placental y la ventral. Las vainas pueden variar en la forma, tamaño, y número de semillas por vaina, además el color de la vaina depende de la variedad.

2.4.6. Semilla

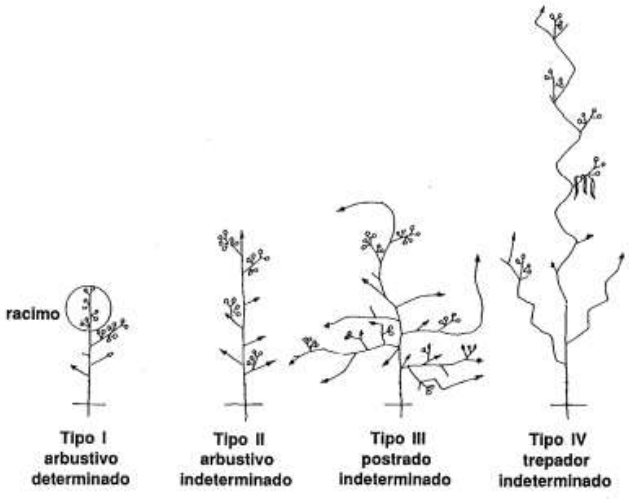
Las semillas presentan varias formas, cilíndricas, redondas, arriñonada u ovalada; presentan una amplia variación de color (desde el blanco hasta el negro); además no presentan albumen e internamente está formada por el embrión. Cada una de las semillas está constituida por cotiledones y las dos hojas primarias verdaderas; los cotiledones forman la parte voluminosa de la semilla, son hojas modificadas para almacenar carbohidratos y proteínas y son la parte aprovechable de la semilla.

2.4.7. 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) (Figura 1).

Figura 1

Hábito de crecimiento del cultivo de fréjol



2.5. Condiciones de clima y suelo para la siembra de fréjol

Atilio y Reyes (2008) señalan que este cultivo se desarrolla adecuadamente a altitudes de 1 400 m s.n.m con un pH de 5.5 a 7.5. El suelo debe ser de textura ligera, franco arenoso y franco limoso. La temperatura óptima para la producción de este cultivo es de 15 °C a 30 °C con una precipitación anual de 1 000 a 1 500 mm.

2.5.1. Ciclo del cultivo

Navarrete et al. (2013) y Vargas et al. (2018) indican que el ciclo de cultivo se da de acuerdo con la zona cultivada, la variedad utilizada, características edafoclimáticas y el tipo de suelo, entre otros factores.

- El fréjol en tierno: 80 a 90 días en valles y estribaciones.
- El fréjol en seco: 110 a 115 días en valles y estribaciones; 150 a 165 días en Guaranda, Bolívar.

2.6. Etapas fenológicas

Según el CIAT (1986) desde la siembra hasta la cosecha el fréjol debe pasar por diferentes etapas dependiendo de la temperatura y el genotipo, donde cada etapa está asociada a cambios en el tamaño, morfología, composición química entre otras. Además, este desarrollo comprende dos fases sucesivas como la fase vegetativa y la fase reproductiva.

2.6.1. La fase vegetativa

Esta fase da inicio desde el momento que la semilla se encuentra con condiciones favorables para germinar y finaliza con la presencia de los primeros botones florales, sin embargo, en este periodo se presenta la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta requiere para iniciar su reproducción. Dentro de esta etapa existen 4 etapas como: germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada y la tercera hoja trifoliada.

2.6.2. La fase reproductiva

Esta fase empieza desde la aparición de los primeros botones o racimos florales terminando cuando la semilla alcanza el grado de madurez necesario para la cosecha. Durante esta fase, las variedades indeterminadas como tipo II, III y IV permanecen por cierto tiempo en producción de forma lenta (Tabla 2).

Tabla 2

Descripción de la etapa vegetativa del cultivo de fréjol

Fase	Código	Etapa	Descripción
Vegetativa	V0	Germinación	La semilla está en condiciones favorables para iniciar la germinación, es decir cuando la semilla absorbe agua y se encuentra hinchada
	V1	Emergencia	Se observa cuando el 50 % de loa cotiledones aparecen a nivel del suelo.
	V2	Hojas Primarias	Las hojas primarias son simples unifoliadas y opuestas ambas colocadas en el mismo nudo, al inicio de esta etapa, la yema terminal del tallo principal.
	V3	Primera hoja trifoliada	En la etapa V3 la primera hoja trifoliada se encuentra debajo de las hojas primarias. También se puede observar en esta etapa la segunda hoja trifoliada de tamaño muy reducido todavía; los cotiledones se han secado completamente, y por lo regular se han caído.
	V4	Tercera hoja trifoliada	La tercera hoja trifoliada del 50% de las plantas se expande totalmente y las yemas de los nudos inferiores comienzan a producir ramas.

En la tabla 3 se detalla la descripción de la etapa reproductiva del cultivo de fréjol que incluyen la prefloración, floración, formación de vainas, llenado de vainas y la madurez fisiológica.

Tabla 3

Descripción de la etapa reproductiva del cultivo de fréjol

Fase	Código	Etapa	Descripción
Reproductiva	R5	Prefloración	Aparece cuando el 50 % de los primeros botones florales, sin embargo, en las variedades tipo II, III y IV los botones florales aparecen en las axilas de las hojas trifoliadas inferiores del tallo principal.
	R6	Floración	La corola de la flor cuelga de la vaina o se ha desprendido recientemente.
	R7	Formación de vainas	Después de la fecundación de la flor, la corola se marchita y la vaina empieza a caer y aparece la primera vaina en el 50% de las plantas del cultivo se considera iniciada la Etapa R7.
	R8	Llenados de vaina	La Etapa R8 empieza cuando en el 50% de las plantas del cultivo empieza a alargarse y empieza a llenarse debido al crecimiento de las semillas.
	R9	Madurez	Se observa el cambio de color en por lo menos una vaina en el 50% de las plantas (de verde al amarillo uniforme o pigmentado).

2.7. Plagas y enfermedades del fréjol

Según Zepeda (2018) y Vargas et al. (2018) las plagas y enfermedades son todo aquello que causa daños directos e indirectos ocasionando pérdidas económicas en el cultivo, además estos pueden clasificarse por masticadores, chupadores los cuales transmiten enfermedades vitales a la planta.

- **Lorito verde (***Empoasca kraemeri* (Ros More)**)**

El lorito verde tiene una metamorfosis incompleta el cual comprende de huevo, ninfa y adulta, sin embargo, en cualquier etapa que se en cuenta esta afecta directamente a la planta. Las ninfas se alimentan de las hojas principalmente del envés de la hoja, mientras que en la etapa de adulto chupa la savia de la planta provocando encrespamiento de las hojas y son vectores de virus en épocas de sequía.

- **Mosca blanca (***Trialeurodes vaporariorum* Westwood**)**

Cuentan con una metamorfosis incompleta con tres etapas diferentes como huevo, ninfas y adulto. Los huevos son colocados en las hojas más jóvenes en forma de herradura y son de

color amarillo pálido, traslúcido. Las ninfas, que son inmóviles se alimentan del tejido de las hojas, deteniendo el crecimiento de la planta y produciendo una mielecilla (fumagina) que puede cubrir totalmente la planta y acabarla.

- **Gusano cogollero (***Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith).**)**

La presencia de este tipo de plaga aparece cuando las plántulas están pequeñas o en la etapa de floración. Para identificar esta plaga en campo es fácil de observar, debido a que hojas aparecen cortadas siendo las larvas las que causan el daño; entre más grandes mayor cantidad de follaje pueden consumir. Si no se controlan pueden ocasionar pérdidas económicas considerables en el cultivo, al afectar puntos de crecimiento y vainas recién formadas. Tienen una metamorfosis completa desde los huevos hasta la edad adulta.

- **Antracnosis (***Colletotrichum lindemuthianum (*Sacc. Y Magnus) Briosi y Cavara**)**

Es una enfermedad que se desarrolla en zonas superiores a 1000 msnm con rango de temperatura de 18 a 22 °C, sin embargo, la incidencia de esta enfermedad aumenta en épocas de alta precipitación. Se puede observar en el hipocótilo, epicotilo y el tallo principal o el péndulo de las hojas. El hongo avanza por las venas, primarias o secundarias, causando necrosis de los tejidos. El control se realiza básicamente con el uso de semilla libre de la enfermedad, la rotación de cultivos, el uso de variedades resistentes y la aplicación del control químico.

- **Roya (***Uromyces phaseoli* (G.Winter)**)**

Se desarrolla en épocas secas a altas temperaturas de 17 a 27 °C, se caracteriza por las manchas cloróticas en las hojas que se tornan con el tiempo en rojizas. El centro de la lesión sobresale y se rodea por un halo clorótico, conteniendo un polvo de color pardo que permite la diseminación de la enfermedad por el viento.

2.8. Caracterizaciones morfológicas

Según el CIAT (1985) la morfología estudia los caracteres de cada órgano que son visibles a diferentes escalas. El análisis de cada uno facilita la comprensión de la planta en tu totalidad. Para su estudio es importante realizar el estudio morfológico de la raíz, tallo, ramas, hojas, inflorescencia, flor y semilla.

2.8.1. Descriptores morfológicos y agronómicos

Los descriptores son un conjunto de características sencilla de medir, registrar o evaluar y que muestran el comportamiento del germoplasma. Estas se utilizan para evaluar las diferentes características y expresiones de manera precisa.

2.8.2. Tipos de descriptores

Los descriptores usados dentro de la evaluación y caracterización son:

- **Manejo:** Este descriptor proporciona las bases necesarias para el manejo adecuado de las accesiones dentro del banco de germoplasma con la finalidad de facilitar la conservación y multiplicación de semillas y determinar la cantidad de semillas disponibles y porcentaje de viabilidad.
- **Del sitio y el medio ambiente:** en este descriptor se describen parámetros específicos del entorno, estas características son relevantes para la caracterización y evaluación de las accesiones.
- **De caracterización:** estos permiten la discriminación entre fenotipos de caracteres altamente heredables, por ejemplo: colores y formas del tallo, hojas y semillas.
- **De evaluación:** en este descriptor se evidencia que la mayoría de los descriptores dependen de la interacción con el medio ambiente, para ello es importante la aplicación de métodos experimentales para su evaluación, dentro de las cuales incluyen características como rendimiento, productividad agroquímica, susceptibles a estrés y caracteres bioquímicos y citológicos.

2.9 Conservación in situ

La conservación *in situ* se refiere a la preservación de los recursos genéticos en su hábitat natural o en los sistemas agrícolas tradicionales donde han evolucionado. Este enfoque permite que las especies continúen sus procesos de adaptación bajo condiciones ambientales cambiantes, manteniendo la dinámica evolutiva y la diversidad genética.

En el caso de cultivos como el fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), la conservación *in situ* se realiza principalmente a través de los agricultores, quienes conservan y seleccionan variedades locales en sus parcelas. Este tipo de conservación es fundamental, ya que contribuye a la seguridad

alimentaria, la resiliencia frente a condiciones climáticas adversas y la preservación de conocimientos tradicionales asociados al manejo del cultivo.

No obstante, la conservación *in situ* puede verse afectada por factores como la modernización agrícola, el reemplazo de variedades locales por materiales comerciales y la variabilidad climática.

2.10. Conservación *ex situ*

La conservación *ex situ* consiste en la preservación de los recursos genéticos fuera de su ambiente natural, bajo condiciones controladas que minimizan el riesgo de pérdida. Este tipo de conservación se realiza en bancos de germoplasma, laboratorios, jardines botánicos y centros de investigación.

En el caso del fréjol, la conservación *ex situ* implica la recolección, caracterización y almacenamiento de semillas en colecciones organizadas, como las mantenidas en centros de bioconocimiento. Estas colecciones permiten conservar una amplia diversidad genética, facilitar la investigación científica y disponer de material para programas de mejoramiento.

Entre sus ventajas se encuentran el control de las condiciones de almacenamiento y la protección frente a factores externos; sin embargo, limita los procesos de adaptación natural de las especies.

2.11. MARCO LEGAL

La investigación se basa a los parámetros de los artículos y leyes descritos en la Constitución de 2008 donde el Art. 13 " Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales", donde demuestra el derecho al libre acceso de alimentación, proteger las plantas y animales nativos, incluyendo el material genético, por ende es súper importante la conservación de estos materiales, además que complementa una alimentación completa.

Sin embargo, el Art. 281 "La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente." Por ende, con la investigación se genera la información técnica sobre la variabilidad morfoagronómica de las accesiones de fréjol, contribuyendo a la conservación de

la agrobiodiversidad y al fortalecimiento de sistemas productivos sostenibles dando como resultado a una seguridad y soberanía alimentaria.

La Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable, busca proteger y estudiar los recursos fitogenéticos, así como fortalecer los bancos de germoplasma. El Centro de Bioconocimiento La Pradera guarda semillas y plantas para que puedan ser estudiadas y usadas para encontrar las mejores variedades para lugares como Imbabura.

Finalmente, esta investigación ayuda a cumplir con las metas de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, como el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 2: Hambre Cero, ya que ayuda a mejorar la productividad agrícola y aumentar la disponibilidad de alimentos nutritivos fundamentales para una dieta. De igual manera, el ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres, al integrar la investigación ayuda a la protección de la agrobiodiversidad y evitar la pérdida de variedades locales del fréjol.

CAPITULO III

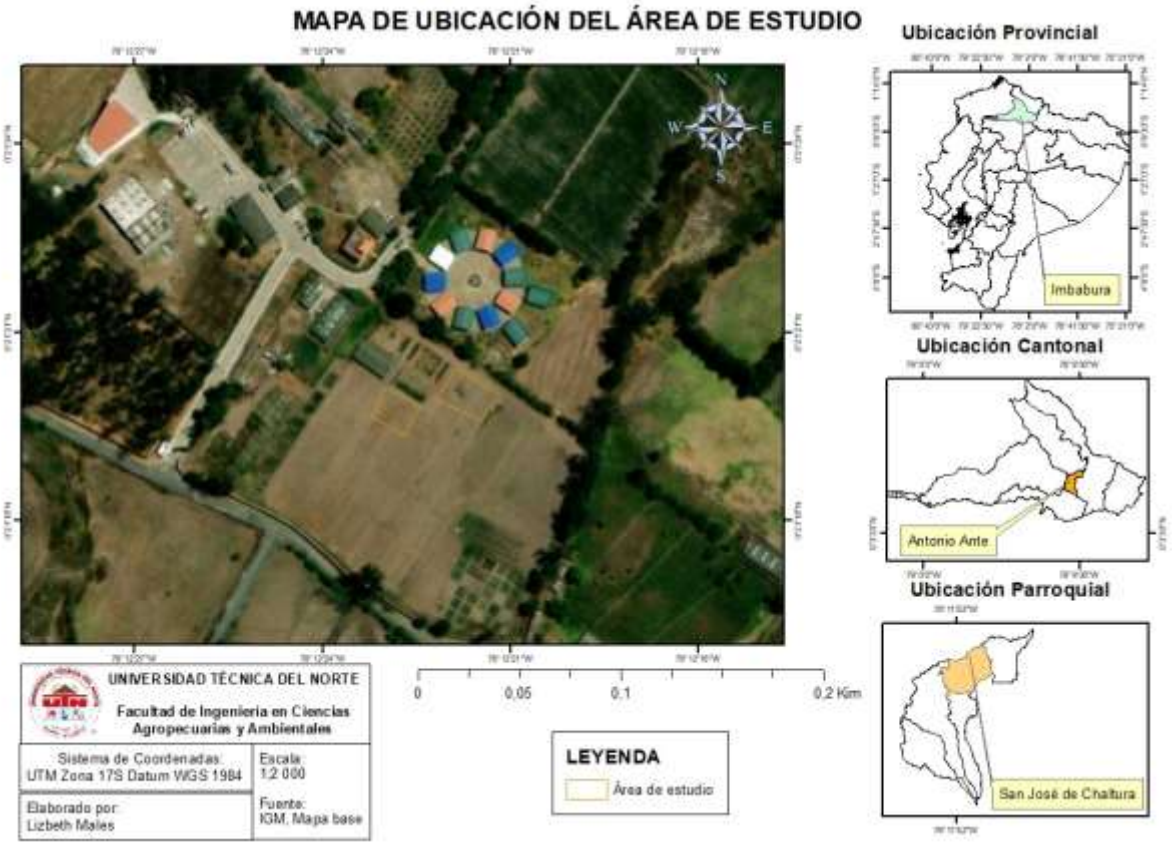
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Caracterización del área de estudio

Este presente estudio se desarrolló en las instalaciones de la Granja experimental La Pradera, provincia Imbabura, cantón Antonio Ante, parroquia San José de Chaltura como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Ubicación de la investigación



3.2. Ubicación del área de estudio

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado de Antonio Ante (GAD, 2022) las características del área de investigación son las siguientes:

- Provincia: Imbabura
- Cantón: Antonio Ante

- Parroquia: San José de Chaltura
- Altitud: 2340 m.s.n.m.
- Latitud: 0º 21’ 19” N
- Longitud: 78º11’ 32” W

3.3. Características edafoclimáticas

Según el GAD las características edafoclimáticas que presenta el cantón Antonio Ante parroquia San José de Chaltura, son las siguientes:

- Clima: Sub- Húmedo Templado
- Pluviosidad: 600 a 800 mm
- Temperatura: 14 °C a 16 °C
- Suelos: Arenosos y arcillosos
- pH: ligeramente ácidos y alcalinos

3.4. Materiales, equipos, insumos y herramientas

En la Tabla 4 se detalla los materiales, equipos e insumos usados en la implementación del experimento desde la preparación del terreno, siembra, labores culturales hasta la cosecha.

Tabla 4

Materiales, equipos, insumos y herramientas

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
Rótulos	Infostat	128 accesiones de fréjol	Azadón
Libreta de campo	Balanza electrónica		Estacas
	Computadora		Flexómetro
	Calibrador		Piola
	Calculadora		

Métodos

A continuación, se muestra el método de estudio usado dentro de la experimentación.

3.5. Factor de estudio

El factor de estudio está conformado por 128 accesiones de fréjol coleccionadas a nivel de la provincia de Imbabura y conservadas dentro del área de bioconocimiento de la Granja La Pradera como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5

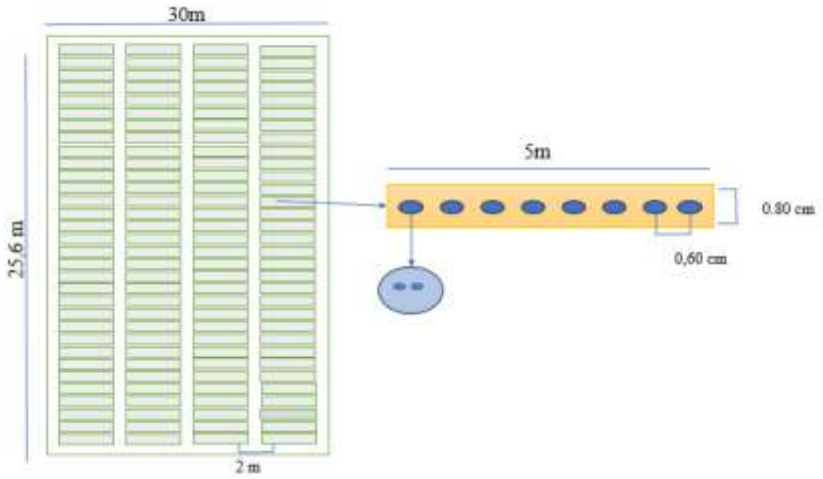
Accesiones evaluadas dentro de la investigación

Códigos de las accesiones evaluadas de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.)				
CB-UTN-003	CB-UTN-051	CB-UTN-114	CB-UTN-148	CB-UTN-72B
CB-UTN-008	CB-UTN-052	CB-UTN-116	CB-UTN-151	CB-UTN-78B
CB-UTN-009	CB-UTN-058	CB-UTN-118	CB-UTN-152	CB-UTN-78C
CB-UTN-011	CB-UTN-060	CB-UTN-119	CB-UTN-153	CB-UTN-088
CB-UTN-014	CB-UTN-061	CB-UTN-121	CB-UTN-159	CB-UTN-92A
CB-UTN-018	CB-UTN-063	CB-UTN-122	CB-UTN-161	CB-UTN-92B
CB-UTN-019	CB-UTN-067	CB-UTN-128	CB-UTN-163	CB-UTN-95A
CB-UTN-01A	CB-UTN-074	CB-UTN-129	CB-UTN-164	CB-UTN-95C
CB-UTN-01B	CB-UTN-075	CB-UTN-132A	CB-UTN-166	CB-UTN-096
CB-UTN-020	CB-UTN-077	CB-UTN-132B	CB-UTN-167A	CB-UTN-098
CB-UTN-021	CB-UTN-080	CB-UTN-133A	CB-UTN-168	Arbustivo Centenario
CB-UTN-022	CB-UTN-081	CB-UTN-133B	CB-UTN-169	Arbustivo Panamito
CB-UTN-023	CB-UTN-084	CB-UTN-134A	CB-UTN-170	Blanco Leche
CB-UTN-024	CB-UTN-090	CB-UTN-134C	CB-UTN-171	Bolón Negro
CB-UTN-027	CB-UTN-091	CB-UTN-136A	CB-UTN-172	Bolón Rojo
CB-UTN-02A	CB-UTN-094	CB-UTN-136B	CB-UTN-173	Matambre
CB-UTN-30B	CB-UTN-95B	CB-UTN-137	CB-UTN-174	Fréjol Blanco
CB-UTN-034	CB-UTN-099	CB-UTN-138	CB-UTN-175	Fréjol Negro
CB-UTN-036	CB-UTN-100	CB-UTN-139	CB-UTN-176	Negro Fresa
CB-UTN-037	CB-UTN-101	CB-UTN-142A	CB-UTN-177	Piel Negro
CB-UTN-038	CB-UTN-106	CB-UTN-142B	CB-UTN-35A	Variedad Afroandino
CB-UTN-040	CB-UTN-109	CB-UTN-143	CB-UTN-35B	Variedad Capulí
CB-UTN-044	CB-UTN-110	CB-UTN-144	CB-UTN-35C	Variedad Celinario
CB-UTN-045	CB-UTN-111	CB-UTN-145	CB-UTN-53B	Variedad Parangachi Rojo
CB-UTN-04A	CB-UTN-113A	CB-UTN-146	CB-UTN-71C	
CB-UTN-04B	CB-UTN-113B	CB-UTN-147	CB-UTN-72A	

Para la investigación se implementó un diseño completamente al azar (DCA) en una parcela de 768 m^2, donde estuvieron distribuidas las 128 accesiones de fréjol con 8 repeticiones como se muestra en la siguiente figura 3.

Figura 3

Diseño experimental del área del estudio en el cultivo de fréjol



3.6. Características del experimento

El diseño del ensayo en la evaluación de la colección de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) conservada en el centro de Bioconocimiento en La Pradera Chaltura, constó de128 accesiones con 8 repeticiones y un área total del ensayo de 768 m^2.

3.6.1. Características de la unidad experimental

En la Tabla 6 se detallan las características experimentales para el respectivo ensayo.

Tabla 6

Características del área del estudio

Datos	Medidas
Área de la unidad experimental	4 m^2
Ancho de la parcela	0.80 m
Largo de la parcela	5 m
Distancia entre plantas	0.60 m
Número de golpes	8
Número de semillas por punto de siembra	2
Número de semillas por surco	16

3.7. Análisis estadístico

Para el análisis de los datos obtenidos del experimento se utilizó el programa de INFOSTAT versión 2020. Para las variables cuantitativas se desarrolló el análisis de medidas resumen donde se pudo evidenciar datos máximos, mínimos, coeficiente de variación y una media, sin

embargo, en parámetros cualitativos se usó la Tabla de frecuencia. Otro de los análisis realizados en datos cuantitativos y cualitativos es el análisis de conglomerados, donde se empleó el método de agrupamiento de Ward (1963) y la distancia de Gower (1967), en este análisis se observó el agrupamiento de las muestras con características morfológicas similares.

Para la identificación de variables cuantitativas con significancia se realizó un análisis de varianza a nivel de grupos a una estadística de Fisher de 5% y en parámetros cualitativos se empleó las tablas de contingencia con estadísticas de coeficiente de correlación de Pearson (p), Pseudo F, valor P y Chi cuadrado (X^2).

3.8. Variables evaluadas dentro de la investigación

Para el registro de datos de los variables a medir se utilizaron descriptores cuantitativos desarrollados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1993), y para la determinación de colores se utilizó la Tabla de colores de Munsell.

3.8.1. Variables cuantitativas

Las variables que se detallan a continuación permiten medir y expresar numéricamente los fenómenos observados durante la investigación, de la misma manera esto ayuda a realizar análisis donde es posible describir, comparar y explicar el comportamiento observado del cultivo.

- **Días a la germinación**

Para esta variable se midió a partir de la siembra hasta cuando el 50 % de la plántula de fréjol emerge, es decir, cuando se observa la presencia del crecimiento del hipocótilo que empuja los cotiledones hacia el exterior con una coloración verde, posterior a ello comienza la aparición de las hojas verdaderas, marcando el establecimiento inicial del cultivo de fréjol (Figura 4).

- **Porcentaje de germinación**

Se evaluó el porcentaje de germinación dentro del período de 10 a 15 días, con la aparición de cotiledones y su conteo se efectuó diariamente en porcentaje hasta la estabilización del proceso.

- **Días a la floración**

Para la evaluación de esta variable se registró los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas dentro del surco mostraron la presencia de la primera rama en floración, para ello se tuvo en cuenta el tipo de crecimiento, así por ejemplo: en materiales con el hábito

de crecimiento tipo I (determinadas) la floración empieza en el último nudo (nudo apical) del tallo principal y continúa en forma descendente; mientras que, en las variedades de los tipos III y IV (indeterminadas) empieza en la parte baja de la planta y continúa en forma ascendente.

Figura 4

Semillas de fréjol germinadas

- **Días a la formación de vainas**

Esta variable se evaluó en los días transcurridos desde la siembra hasta la presencia del 50 % de las vainas visibles dentro de cada accesión, además se registra con la presencia de la corola marchita y con una vaina alargada de 1 a 2 cm.

- **Días a la madurez fisiológica**

Dentro de esta variable se determinó cómo el número de días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que las plantas de fréjol alcanzaron su máximo desarrollo con un cambio de color de la vaina dentro del 50 % de las plantas de cada accesión. El registro se realizó con observaciones periódicas.

- **Días a la cosecha**

Para la evaluación de esta variable se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra hasta que las vainas alcancen su etapa final de maduración. Una de las características es que las plantas presenten un 90 % de defoliación y con humedad del 16 % y 18 % en las semillas de fréjol.

- **Longitud de vainas**

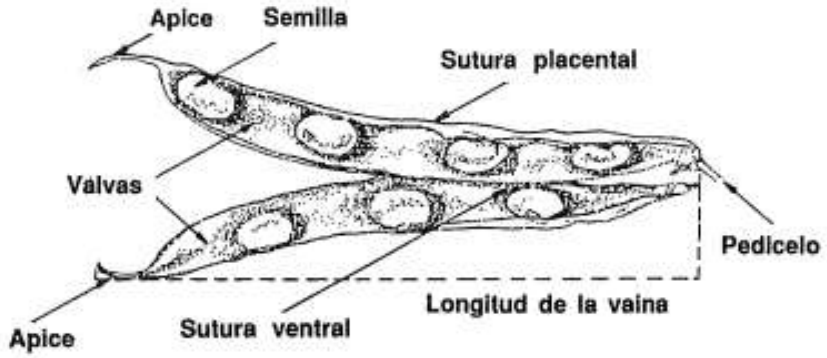
Para la toma de datos se esperó a que las vainas alcanzaran la etapa de madurez. Se tomaron 10 vainas por accesión y se midió con un calibrador pie de rey en centímetros desde la inserción en el pedicelo hasta el extremo libre del ápice. En la figura 5 se observan los componentes de la vaina para la determinación de esta variable.

- **Ancho de la vaina**

Se midieron las mismas vainas tomadas anteriormente en centímetros, con la ayuda de un calibrador en la parte más amplia de la vaina, entre las suturas dorsal y ventral.

Figura 5

Componentes y determinación de la longitud de la vaina del fréjol



- **Número de semillas por vaina**

Para la cuantificación de esta variable se utilizó las vainas tomadas anteriormente y realizar el respectivo conteo de número de semillas presentes de cada vaina.

- **Longitud de la semilla**

Para la variable longitud de la vaina se tomó en cuenta las 10 repeticiones tomadas al azar y estas semillas se colocó de manera horizontal y con la ayuda de un calibrador se midió en centímetros, desde su inserción en el pedicelo hasta el extremo libre del ápice (Figura 6).

- **Ancho semilla**

De igual manera con las mismas semillas utilizadas anteriormente se colocó en una posición vertical las semillas y se midió con un calibrador en centímetros.

Figura 6

Determinación de la longitud de la vaina del fréjol

- **Rendimiento kg/ha**

Para obtención de datos de esta variable se pesó la producción de todas las plantas cosechadas de cada accesión y se determinó su peso en gramos con la ayuda de una balanza electrónica.

- **Peso de 100 semillas**

Esta variable se registró después de haber obtenido la humedad de las semillas con un medidor de humedad portátil (agraTronix MT-PRO) y la balanza electrónica, además esta medida se determinó siguiendo las normas internacionales de la ISTA (Figura 7).

Figura 7

Peso de las 100 semillas de fréjol

3.8.2. Variables Cualitativos

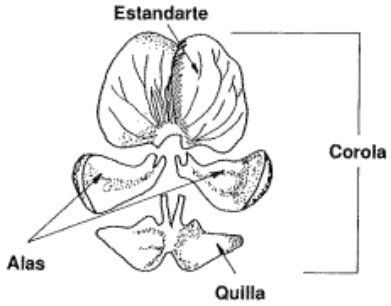
Para la evaluación de variables cualitativos en cuanto al color se registró con la Tabla de colores de Munsell.

- **Color de las alas, quilla y estandarte de la flor**

Para la obtención de datos de esta variable se realizó en la etapa de floración con una observación directa de cada una de las partes de la flor (figura 8). Para ello se utilizó la Tabla de colores de Munsell.

Figura 8

Partes de la flor del cultivo de fréjol



En la tabla 7 se observan los colores de las diferentes partes de la flor de fréjol (las alas, quilla y estandarte) dentro de la evaluación de las 128 accesiones de fréjol.

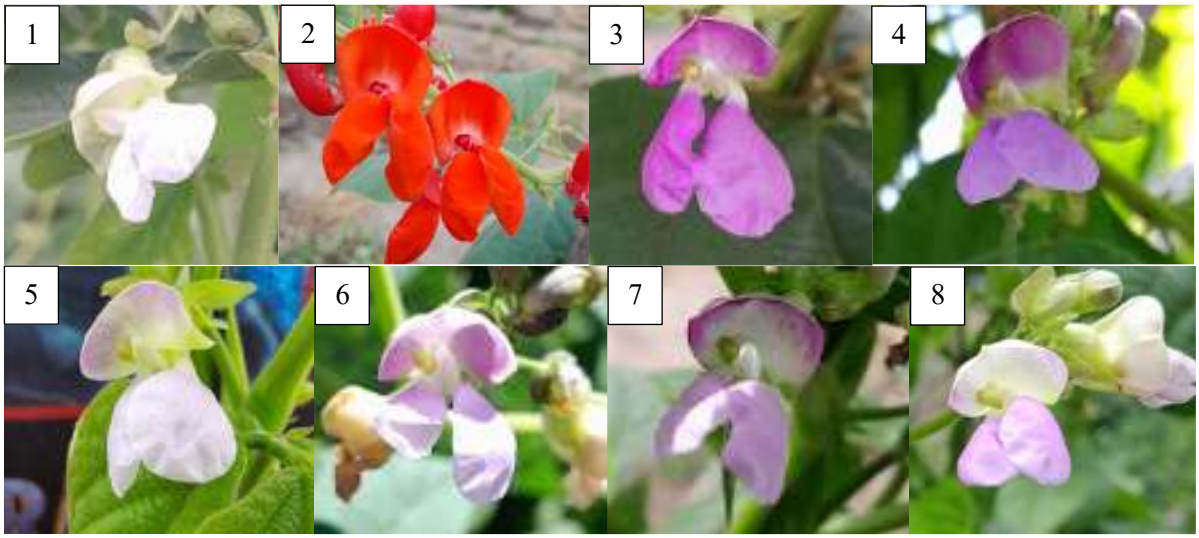
Tabla 7

Color de las partes de la flor del fréjol

Color de alas	**Código Munsell**	**Color de la quilla**	**Código Munsell**	**Color del estandarte**	**Condigo Munsell**
1-Blanco	Blanco	1.- Verde amarillo fuerte	5GY6/10, 5GY7/10, 5GY7/8, 7.5GY6/10, 2.5GY7/10	Blanco	Blanco
2-Rojo	Rojo	2.- Rojo brillante	Rojo	Rojo	Rojo
3-Rojo violáceo fuerte	5RP4/12, 5RP3/10, 5RP3/10, 5RP4/10, 5RP4/8, 5RP3/8	3.- Verde amarillo claro	2.5GY8/8, 2.5GY8/6, 2.5GY8/2, 2.5GY8/4	3-Rojo violáceo fuerte	5RP4/12, 5RP4/6, 5RP4/8 5RP3/10, 5RP4/10, 5RP3/8
4-Rojo violáceo grisáceo	5RP5/6, 5RP6/4, 5RP5/8, 5RP5/10, 5RP6/4, 5RP6/4	4.- Verde oliva	2.5GY7/8, 2.5GY7/6, 2.5GY6/4	4-Rojo violáceo grisáceo	5RP6/2, 5RP5/8 5RP5/10, 5RP6/4
5-Rosa violáceo pálido	5RP7/2, 5RP7/4, 5RP8/2, 5RP8/4	5.- Verde amarillo grisáceo	7.5GY7/2, 7.5GY7/4	5-Rosa violáceo pálido	5RP7/4, 5RP8/2 5RP8/4, 5RP8/6
6-Rosa violáceo intenso	5RP6/10	6.- Verde amarillo brillante	7.5GY8/8 7.5GY8/4 7.5GY8/6 2.5GY8/12	6-Rosa violáceo intenso	5RP6/10
7-Rosa violáceo moderado	5RP7/8, 5RP7/6			7-Rosa violáceo moderado	5RP7/8, 5RP7/6
8-Rosa violáceo oscuro	5RP6/8, 5RP6/6			8-Rosa violáceo oscuro	5RP6/8, 5RP6/6
				9-Verde amarillo brillante	
				10- verde amarillo pálido	

Figura 9

Variedades de colores en las alas de la flor de las accesiones evaluadas



- **Hábito de crecimiento**

El hábito de crecimiento de la especie está determinado por el genotipo y ambiente. Para determinar esta variable, el crecimiento del tallo principal se registró en la etapa de floración siguiendo la escala propuesta por CIAT (1993) y que pueden ser observados en la figura 10.

Figura 10

Hábitos de crecimiento del cultivo de fréjol

Nota: I: Arbustivo determinado, II: Arbustivo Indeterminado, II: Postrados Indeterminado, IV: Trepador Indeterminado

- **Color de tallo**

Este variable fue determinada mediante la visualización directa del tallo en la etapa de madurez fisiológica, para ello se usó la tabla de colores de Munsell obteniendo así una escala de colores descritas en la tabla 8.

Tabla 8

Color del tallo del fréjol en la etapa de madurez fisiológica

Nombre del color	Código de Munsell
1- Verde grisáceo	2,5G5/2
2- Verde amarillo moderado	2.5GY5/6, 7.5GY5/6
3- Verde moderado	5G5/4, 5G5/6
4- Verde oliva oscuro	5GY3/4, 5GY4/4, 5GY4/6
5- Verde amarillo fuerte	5GY4/8, 5GY5/10, 5GY6/10, 5GY6/8, 5GY7/10, 7.5GY7/10, 7.5GY5/8, 7.5GY5/8, 7.5GY6/10, 7.5GY6/8, 7.5GY6/8, 7.5GY7/10, 7.5GY7/10
6- Verde oliva claro	5GY5/4, 5GY5/6, 5GY5/8
7- Verde oliva moderado	7.5GY4/4, 7.5GY4/6
8- Verde amarillo grisáceo	7,5GY5/2
9- Verde amarillo pálido	7,5GY8/2

- **Forma de la vaina**

Se evaluaron 10 vainas tomadas anteriormente. Esto se realizó con la vaina seca. La forma de las vainas estará determinada en la siguiente escala 1 (recto), 2 (mediana curva), 3 (curvado) y 4 (recurvado) (CIAT, 1986), como se muestra en la figura 11.

Figura 11

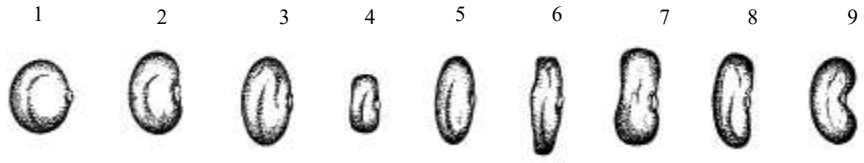
Formas de la vaina de fréjol en la etapa de cosecha

- **Formas de la semilla de fréjol**

Para determinar la forma de la semilla de fréjol se tomaron al azar cinco muestras (humedad entre el 10 % y 15%). La información fue determinada basándose en la figura 12. De las nueve formas descritas, en la investigación se encontraron siete (Figura 13).

Figura 12

Esquema de formas de la semilla de fréjol utilizadas en la investigación



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

Figura 13

Variabilidad morfológica de las semillas de fréjol presentes en la colección

Nota: 1) Redonda, 2) Ovoide, 3) Elíptica, 4) Pequeña casi cuadrada, 5) Alargada ovoidea, 8) Arriñonada, recta en el lado del hilo y 9) Arriñonada, curva en el lado opuesto al hilo.

- **Color secundario**

De manera similar se realizó con la observación directa, donde el color secundario predominante se observa manchas o vetas que se forman en la testa de la semilla sobre el color primario (Tabla 10).

Tabla 9

Color secundario de la semilla del fréjol

Nombre el color	Código de Munsell
1- Marrón rojizo claro	2.5YR7/4
2- Rosa grisáceo	2.5R8/4
3- Amarillo rojizo	7.5YR8/6
4- Rojo violáceo fuerte	5RP3/2, 5RP3/4, 5RP3/8, 5RP4/2
5- Rojo violáceo pálido	5RP8/2, 5RP8/4
6- Marrón pálido	2.5Y8/2, 5YR6/10
7- Amarillo anaranjado fuerte	7.5YR6/6, 7.5YR7/10
8- Rojo oscuro	10R3/4, 10R3/6
9- Naranja claro	7,5YR7/6
10- Rosa pálido	7,5YR8/4
11- Blanco	Blanco
12- Negro	Negro
13- Rosa grisáceo	2.5R8/2

- **Color primario de la semilla de fréjol**

Para la determinación de la variable se evaluó cuando la semilla se encuentra en la etapa de cosecha. Para ello se utilizó la tabla de colores de Munsell con las siguientes escalas de colores detallado en la tabla 9.

Tabla 10

Color primario de la semilla de fréjol

Nombre el color	Código de Munsell
1- Rojo grisáceo claro	2.5R6/4
2- Rosa grisáceo	2.5R8/2
3- Marrón claro	2.5Y5/4, 2.5Y5/6
4- Marrón amarillento claro	2.5Y6/4
5- Marrón oliva	2,5Y6/8
6- Marrón pálido	2.5Y8/2, 2.5Y8/4
7- Rojo moderado	2,5R4/8
8- Rojo oscuro	5R3/4
9- Rojo	5R4/8
10- Rojo violáceo fuerte	5RP3/10, 5RP3/2, 5RP3/4, 5RP3/4, 5RP3/6, 5RP3/8, 5RP4/2, 5RP4/4, 5RP4/6, 5RP4/8
11- Rojo violáceo grisáceo	5RP5/2, 5RP5/4, 5RP6/2
12- Amarillo oliva	5Y6/6
13- Amarillo pálido5	5Y8/2
14- Rosa pálido	5YR8/4, 5YR8/2, 7.5YR8/4
15- Blanco	Blanco
16- Marrón fuerte	7.5YR5/8
17- Amarillo anaranjado fuerte	7.5YR6/10, 7.5YR7/10
18- Negro	Negro
19- Gris rosado	7.5YR7/2
20-Naranja claro	7.5YR7/4, 7.5YR7/6
21-Gris rosado	7.5YR8/2

Figura 14

Diversidad de colores en las semillas de las diferentes accesiones de fréjol

3.9. Manejo específico del experimento

Para la implementación de la investigación se desarrolló diferentes actividades desde la preparación del terreno hasta el momento de la cosecha.

- **Preparación de terreno**

Se utilizó maquinaria como el arado y después de 3 días la rastra a una profundidad de 30 cm con el fin de eliminar todos los restos del cultivo anterior y aflojar la tierra para una mayor efectividad en la siembra del fréjol. Además, se realizó la fertilización con el compostaje antes de pasar la rastra con el objetivo de mezclar el suelo y el compost.

- **Surcado**

De igual manera se aplicó maquinaria de surcado a una distancia entre surcos de 80 cm y una profundidad de 20 cm donde se elaboró 128 surcos de manera paralela.

- **Delimitación del área para la siembra**

Para la implementación del experimento con la ayuda de un flexómetro, estacas y piola se delimitó el espacio que se utilizó para el ensayo de 300 m^2

- **Siembra**

La siembra del fréjol se realizó en un terreno a una capacidad de campo, donde se colocaron tres semillas por punto de siembra a una profundidad de 3 a 4 cm y una distancia de 0.60 cm entre punto de siembra y a un 0. 80 cm entre surco (Figura 15).

Figura 15

Establecimiento del experimento mediante siembra por golpe de las accesiones de fréjol

- **Riego**

El riego se realizó antes de la siembra, durante la etapa vegetativa hasta la cosecha, teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la zona. Además, este riego se dio por inundación por cada surco.

- **Labores culturales**

Se realizó la limpieza y el aporque de manera manual con la ayuda de un azadón, sin embargo, es importante realizar el deshierbe durante los primeros 30 días de siembra del cultivo. Se puede hacer en forma manual con el objetivo de evitar la presencia de plagas o enfermedades y su disminución en la producción del cultivo.

- **Tutorado**

En la figura 16 se puede observar el tutorado que se realizó a los 30 días después de la siembra debido a que existía mayor presencia de accesiones con un hábito de crecimiento tipo 3 y 4.

Figura 16

Tutorado de fréjol

3.10. Controles fitosanitarios

Se ejecutó el monitoreo cada 15 días para la observación e identificación respectiva de plagas y enfermedades. Sin embargo, para su manejo se implementaron las estrategias realizadas por Diaz (2021) para diferentes controles como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11

Manejo agroecológico del cultivo de fréjol

Insumos	Función	Dosis
Biol	Fertilizante	176 ml L^{-1}
Extracto de ajo y ají	Repelente y control preventivo (*Empoasca kraemeri* Ross y Mos)	2.5 ml L^{-1}
Trampas amarillas	Plagas	50 cm^2

3.10.1 Elaboración del extracto de las semillas de higuerilla

Se desarrolló la misma metodología realizada por Santillán (2020) con la maceración de la higuerilla a 50 g $L^{-1,}$ ya que, obtuvo una mortalidad de 85.29 % de lorito verde *(Empoasca kraemeri*) y una fitotoxicidad de 0 a comparación de las otras dosis. Para la elaboración del extracto primero se molió las semillas de higuerilla, posterior a ello se mezcló con agua y se dejó reposar por 24 horas a temperatura ambiente, de la misma manera se realizó las respectivas pruebas de fitotoxicidad en cultivos de fréjol a tres dosis por 3 días, por último, se realizó la aplicación del extracto a una dosis de 100 ml por litro.

- **Control químico**

Se realizó la aplicación de diferentes productos químicos los cuales se ven detallan en la Tabla 12.

Tabla 12

Productos químicos en el control de enfermedades del cultivo de fréjol

Insumos	Función	Dosis
Fungicida	Fosetyl-Al: prevención y control de la *Phytophthora, Pythium y Plasmopara*	0.4g L^{-1}
Abono edáfico	Fertilizante orgánico mejora la estructura del suelo y disipación de nutrientes para la absorción del cultivo	1.5g L^{-1}
Bioestimulante	Inductor de fitoalexinas compuesto de flavonoides	1.5g L^{-1}

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el proceso de caracterización morfoagronómica del cultivo del fréjol se evaluaron 128 accesiones que fueron coleccionadas y donadas por estudiantes y agricultores de la provincia de Imbabura y han sido conservadas en el Centro de Bioconocimiento de la Granja La Pradera por aproximadamente 5 años. Para esta evaluación se tomaron 10 individuos (plantas) al azar para realizar las respectivas caracterizaciones de cada una de las accesiones.

4.1. Análisis poblacional

A través del análisis de medidas de resumen se analizó las características cuantitativas de 128 accesiones, en el que se observó el valor promedio, valores máximos y mínimos, así como el Coeficiente de Variación (%). De acuerdo con Gómez y Gómez (1984) el coeficiente de variación (CV) permite observar la variabilidad de las semillas. Una CV del 15 % demuestra poca variabilidad genética entre accesiones, mientras que una CV del 15 % a 25 % indica una variación normal esperada y una CV mayor al 25 % demuestra una alta diversidad genética entre las accesiones evaluadas.

4.2. Caracterizaciones fenológicas evaluadas en la colección de fréjol del CBDA La Pradera-UTN

Según Fernández (1984) la evaluación de las etapas fenológicas son indicadores fundamentales para estimar la duración del ciclo del cultivo, planificar las labores culturales, optimizar el uso de fertilizantes y predecir el rendimiento final. Por ende, a continuación, se detallan los días trascurridos desde la siembra hasta cumplir cada una de las etapas fenológicas del cultivo de fréjol.

4.2.1. Días a la emergencia

Según el análisis paramétrico para la variable días a la emergencia se muestra un mínimo de 7 días y un máximo de 11 días a la emergencia, con un promedio de 8 días y un coeficiente de variación de 17 %, el cual indica la existencia de baja variabilidad dentro de las accesiones. Es importante considerar que el 97 % de las accesiones son precoces y el 3 % materiales tardíos, ya que, el tiempo de emergencia fue a los 10 y 11 días (Tabla 13).

Tabla 13

Medidas resumen de las características fenológicas del cultivo de fréjol

Variable	Media	Coeficiente de variación (%)	Valor Mínimo	Valor Máximo
Días a la emergencia	8.36	17.16	7	11
Porcentaje de germinación	84.08	19.52	31.25	100
Días a la floración	70.95	7.03	50	80
Días al envainado	89.19	8.47	68	108
Días a la madurez fisiológico	124.24	11.59	80	168
Días a la cosecha	136.49	10.96	100	190

De acuerdo con Vargas et al. (2018) los días transcurridos desde la siembra hasta la presencia del 50 % de las plantas emergidas son de 5 a 8 días mostrando ser materiales precoces. Además, los factores que influyen el transcurso de días a la emergencia son: las variedades de fréjol, la temperatura de la semilla y del suelo. Morales et al. (2017) comentan que los factores que influyen en la emergencia del cultivo es la temperatura, agua, oxígeno, luz y calidad de la semilla, es decir, las características del suelo, la semilla y el clima.

4.2.1. Porcentaje de Germinación

En la evaluación de la variable porcentaje de germinación se obtuvo un promedio de 84 %, con un máximo de 100 % y un mínimo de 31 % es así que las accesiones con bajo porcentaje de germinación fueron: CB-UTN-008, CB-UTN-036, CB-UTN-060, CB-UTN-063, CB-UTN-113A. CB-UTN-113B, CB-UTN-142A, CB-UTN-35A, CB-UTN-53B, Arbustivo Centenario, Blanco Leche, Fréjol Blanco, S/C Piel negro y Variedad Capulí. Esta variabilidad está influenciada por la forma del almacenaje y el tiempo de conservación de la semilla.

4.2.2. Días a la floración

Dentro de la evaluación de esta variable se puede observar que obtuvo mínimo 50 días y máximo 80 días para la abertura del botón floral del cultivo de fréjol y una media de 71 días. Sin embargo, las accesiones que presentaron la temprana floración fueron: CB-UTN-008, CB-UTN-020, CB-UTN-034, CB-UTN-036, CB-UTN-038, CB-UTN-040, CB-UTN-074, CB-UTN-091, CB-UTN-106, CB-UTN-111, CB-UTN-119, CB-UTN-129, CB-UTN-132B, CB-UTN-151, CB-UTN-159, CB-UTN-176, CB-UTN-78B, A. Centenario, A. Panamito, Blanco Leche, Fréjol Negro, V. Capulí, V. Celinario y V. Parangachi rojo (Tabla 13).

De acuerdo con Cornelio (2015) unos de los factores que da influencia a la presencia temprana de la flor puede ser el tipo de crecimiento de la planta; por ende, el 7 % de las muestras de la

colección evaluada presentan hábitos de crecimiento I y II, donde sus tiempos de floración está alrededor de 50 y 80 días, sin embargo, dentro del grupo también existe precocidad. De la misma manera Peralta et al. (2013) comenta que otros de los factores que influyen directamente en la presencia temprana del botón floral es la variedad de fréjol y la altitud a la que está sembrada, por mencionar, Gómez et al. (2022) afirma que la siembra de los materiales arbustivos es a una altura de 1200 a 2500 m.s.n.m. y los materiales volubles a 1700 y 2800 m.s.n.m.

4.2.3. Días al envainado

En esta variable se presentó un valor mínimo de 68 días para las accesiones CB-UTN-003, CB-UTN-008, CB-UTN-034, CB-UTN-036, CB-UTN-038, CB-UTN-063, CB-UTN-151, CB-UTN-176, Arbustivo Centenario, Arbustivo Panamito, Blanco Leche, Bolón Negro, Bolón Rojo, F. Matambre, Fréjol Negro, Negro Fresa, Variedad Afroandino, Variedad Capulí, Variedad Celinario y Variedad Parangachi rojo. El 90.6 % de las accesiones presentaron un valor máximo de 108 días, con una media de 89.19 y coeficiente de variación de 8 % como se describe en la Tabla 13.

Tal como indica Arias et al. (2007) la formación de las vainas comprende el desarrollo con el cuajado que se da durante los primeros 10 o 15 días después de la floración; sin embargo, una de las características durante este proceso es principalmente el crecimiento longitudinal de la vaina y la presencia de semillas.

4.2.4. Días a la madurez fisiológica

La evaluación dentro de esta etapa comprende cuando la primera vaina del 50 % de las accesiones cambian de color de verde a amarillento o pigmentado. Por lo tanto, las accesiones CB-UTN-008, CB-UTN-022, CB-UTN-034, CB-UTN-036, CB-UTN-037, CB-UTN-038, CB-UTN-045, CB-UTN-051, CB-UTN-090, CB-UTN-091, CB-UTN-95B, CB-UTN-100, CB-UTN-106, CB-UTN-109, CB-UTN-111, CB-UTN-119, CB-UTN-132A, CB-UTN-132B, CB-UTN-136B, CB-UTN-139, CB-UTN-144, CB-UTN-151, CB-UTN-159, CB-UTN-169, CB-UTN-176, CB-UTN-78B, CB-UTN-95A, CB-UTN-95C, A. Centenario, A. Panamito, Blanco Leche, Bolón Negro, Bolón Rojo, F. Matambre, Fréjol Negro, Negro Fresa, V. Afroandino, V. Capulí, V. Celinario y V. Parangachi rojo presentó un valor mínimo de 80 días y las demás accesiones evaluadas obtuvieron un máximo de 168 días con un coeficiente de variación de 11 % y una media de 124 días a la madurez fisiológica (Tabla 13).

Tabango (2021) menciona que en el estado de madurez fisiológico existen diferencias entre accesiones, debido a que presentan una temprana floración y su hábito de crecimiento es arbustivo. Sin embargo, la investigación realizada por Ulcuango (2018) demostró un rango de 128 a 133 días a la madurez fisiológica, independientemente del hábito de crecimiento.

4.2.5. Días a la cosecha

Dentro de la evaluación de esta variable se evidencio que el 18.75 % de las 128 accesiones obtuvieron un valor mínimo de 100 días a la cosecha y el 81.75 % de las accesiones presentaron un valor máximo de 190 días a la cosecha, con una media de 136 días, y un coeficiente de variación de 11 % como se muestra en la Tabla 13. Según CIAT (1993) la cosecha representa la etapa final del cultivo con una humedad óptima del 18 a 20 %. En esta fase se puede evidenciar la defoliación de la planta, mientras que las vainas pierden el color que obtuvieron en la etapa de madurez fisiológica.

Voysest (2001) en la investigación realizada identificó que variedades más precoces son el tipo de fréjol arbustivo que se cosecha a los 120 días y las más tardías de 150 días, sin embargo, las variedades de tipo de crecimiento voluble son considerados precoces de 190 días a la cosecha y tardías de 270 días. Esto se debe a la capacidad de adaptación del cultivo que se encuentra entrelazada con la temperatura del ambiente en el que se desarrolla.

4.3. Características de la vaina y semilla de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.)

En la Tabla 14 se describe y comparan las características de la semilla y vaina con el fin de identificar variación entre las 128 accesiones de fréjol evaluadas, lo cual, es esencial para evaluar el desempeño productivo y la calidad del cultivo. Estas variables como la longitud de la vaina, ancho de la vaina, el número de semillas por vaina y el tamaño del grano proporcionan indicadores confiables del potencial genético y de la eficiencia reproductiva de cada material.

Tabla 14

Medidas resumen para las variables cuantitativas al momento de la cosecha en el cultivo de fréjol

Variable	Media	Coeficiente de variación (%)	Valor Mínimo	Valor Máximo
Longitud de la vaina (cm)	12.58	11.96	7.2	15.8
Ancho de la vaina (cm)	1.05	17.28	0.72	1.99
Número de semillas	4.96	18.43	2.70	8.10
Longitud de la semilla (cm)	1.3	14.86	0.86	1.83
Ancho de la semilla (cm)	0.82	11.68	0.56	1.19

4.3.1. Longitud de la vaina

Para la caracterización de esta variable se evidenció un valor mínimo de 7.82 cm en la accesión de CB-UTN-159 y un máximo de 15.8 cm en la accesión CB-UTN-35C y un promedio de 12.58 cm y un coeficiente de variación de 11.96 % como se observa en la Tabla 14. Esta característica se encuentra influenciada por el genotipo de la semilla y las condiciones climáticas.

Según Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP, 2006) la longitud de la vaina está relacionada con el número de semillas y el tamaño de la semilla, es decir, que mientras más números de semilla exista más largo será la vaina. Por otro lado, Arias et al. (2007) en el estudio que realizo demostró que la longitud de la vaina puede llegar a tener desde 6 cm a 22 cm.

4.3.2. Ancho de la vaina

El ancho de la vaina se encontró un valor mínimo de 0.72 cm para la accesión CB-UTN-151 y un máximo de 1.99 cm en la accesión CB-UTN-166 y con un promedio de ancho de la vaina de 1.05 cm y un coeficiente de variación de 17.28 % como se detalla en a Tabla 14.

Tabango (2021) menciona que las características como el ancho y la longitud de la vaina del fréjol varía a la variedad que se siembre. Sin embargo, puede ser un factor importante para el rendimiento del cultivo, pero cabe tener en cuenta que a mayor diámetro la forma de la vaina es propensa a romperse al momento de la cosecha y el trasporte.

4.3.3. Número de semillas por vaina

En la evaluación de la variable números de semilla por vaina presentó un máximo de semillas de 8 y un mínimo de 2 semillas con un coeficiente de variación de 18.4 %. Donde el 50.7 % de las accesiones presentan de 2 a 4 semillas y el 49.3 % dan presencia de 5 a 8 semillas por vaina. La investigación realizada por Vidal y Ruiz (2010) en la caracterización de variedades de fréjol demostró que el número de granos dentro de una vaina es de 3 a 5 dependiendo a la variedad del cultivo de fréjol (Tabla 14).

Tapia (1987) comenta que dentro del cultivo de fréjol el número de semillas por vaina es una característica que es heredable, sin embargo, puede ser alterado por factores como el ambiente.

Por ende, es importante un buen manejo del cultivo con riegos óptimos para un buen desarrollo. Además De La Fe et al. (2016) mencionan que de las relaciones del buen manejo de la planta se obtiene como resultado mayor número de vainas por planta y el llenado de fruto en las vainas, por lo que, da presencia a mayor cantidad de número de semillas por vaina. Por lo tanto, la relación número de vainas por planta y el número de semillas por vaina, es una de las características que ayuda a determinar el rendimiento del cultivo y la selección de materiales con buena producción.

4.3.4. Longitud de la semilla

En esta variable se tomó de extremo *a* al siguiente extremo de manera longitudinal, donde se obtuvieron valores mínimos y máximos de 0.86 cm a 1.83 cm de la longitud de la semilla de fréjol con un promedio de 1.3 cm y un coeficiente de variación de 14.86 %. Estos datos demuestran que existe una variabilidad genética dentro de las accesiones evaluadas (Tabla 14).

De acuerdo con el estudio realizado por Sinkovic et al. (2019) las semillas se clasifican en: primer grupo (pequeñas son menores a 1 cm), segundo grupo (medianas 1 a 1.5 cm) y tercer grupo (grandes mayores a 1.5). Por lo tanto, el 6.25% de las accesiones es decir 8 accesiones son consideradas pequeñas, seguidas por el 5.46 % semillas medianas y el 88.28 % cuentan como semillas grandes. Por otro lado, Figueroa y Kaksic (2004) mencionan que el tamaño de la semilla depende de la variedad, el ambiente y la adaptación de la semilla en las condiciones donde se cultiven.

4.3.5. Ancho de la semilla

Dentro de esta evaluación se visualizó (Tabla 14) que existe un promedio de 0.82 cm en el ancho de la semilla, un valor mínimo de 0.56 en la accesión CB-UTN-159 y un máximo de 1.19 cm en la accesión CB-UTN-159 con un coeficiente de variación de 11.68 %. La determinación de la longitud y el ancho de la semilla hace referencia al tamaño de la misma, debido a que es un factor fundamental para los procesos de germinación y emergencia en el fréjol.

Por otro lado, Varea et al. (2010) comenta que las semillas de menor dimensión suelen presentar cantidades limitadas de reservas, lo que puede restringir su capacidad. De acuerdo

con el CIAT (1984), el fréjol se caracteriza por una amplia variabilidad genética, la cual se refleja en la diversidad de colores, formas y tamaños de sus semillas. Asimismo, Kameyi (1988) señala que el tamaño de la semilla está definido principalmente por su longitud y ancho, rasgos inherentes a cada variedad y estrechamente relacionados con su potencial de rendimiento.

4.4. Rendimiento

Según Durán et al. (2025) el rendimiento es uno de los indicadores donde muestra el desempeño agronómico y refleja la interacción entre el potencial genético de la materia vegetal, las condiciones ambientales y del manejo del cultivo durante su ciclo.

4.4.1. Peso de 100 semillas (g)

En la evaluación de la variable peso de las 100 semillas se registró un mínimo de 16 gramos y un máximo de 93 gramos, con un coeficiente de variación de 29.44 %. Esta variabilidad, en cuanto al peso de las 100 semillas, es debido a la variedad de fréjol, por lo tanto, el material evaluado es de la colección realizada a nivel de la provincia de Imbabura (Tabla 15).

Según la clasificación realizada por Morales et al. (2019) las semillas consideradas pequeñas son aquellas que pesan menos a 15 gramos, semillas medias de 15 a 20 gramos, semillas grandes de 20.1 a 25 gramos y muy grandes con peso superior a 25 gramos. De acuerdo con la clasificación dentro de la investigación se determina que el 2.3 % de las accesiones son consideradas semillas medianas, el 5.5 % de las semillas se consideran como grandes y el 92.2% de las muestras se encuentra en un rango de semillas muy grandes.

Tabla 15

Medidas resumen del rendimiento del cultivo de fréjol

Variable	Media	Coeficiente de variación (%)	Valor Mínimo	Valor Máximo
Peso de 100 semillas (g)	45.56	29.44	16	93
Rendimiento/planta (g)	23.55	57.24	1	60
Rendimiento (g)	312.41	59.28	15	824

4.4.2. Rendimiento por planta

Dentro de esta variable se evidenció un rendimiento mínimo de 1 gramo y un máximo de 60 gramos dentro de las accesiones evaluadas, con una media de 23.55 gramos y un coeficiente de variación de 57.24 % (Tabla 15). Según Ibarra y Gastelum (2008) la variabilidad que existe dentro del material evaluado se debe a la amplia diversidad entre las accesiones. Además, los factores que influyen dentro de esta variable es el clima, el hábito de crecimiento de la planta, la adaptabilidad, y el origen.

4.4. Características cualitativas evaluadas en el cultivo de fréjol (hábito de crecimiento, características de la flor y color en la semilla)

La evaluación de las 128 accesiones de fréjol con variables cualitativas se desarrolló con los descriptores varietales de CIAT (1993). Y para la determinación de colores de las alas quillas y estandarte, color de tallo, vaina y semilla se realizó con la ayuda del libro de colores de Munsell.

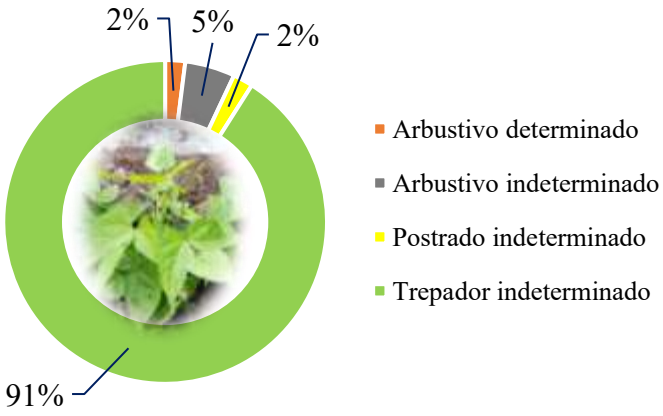
4.5.1. Hábito de crecimiento

Según CIAT (1993) el hábito de crecimiento está determinado por el genotipo e influenciado por el clima. En la figura 17 se muestra que el 91 % de las accesiones evaluadas tuvieron un hábito de crecimiento tipo IV (trepador indeterminado), seguido por la categoría 2 (arbustivo indeterminado) que corresponde al 5 % del material estudiado. Estos resultados son similares al estudio realizado por Tabango (2021) ya que los materiales con mayor predominancia es el tipo IV con 70 % dentro colección evaluada.

Según el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA, 2018) los factores que influye en el hábito de crecimiento es la interacción del desarrollo de la parte terminal del tallo, el número y la longitud de nudos, la altura de la planta, la capacidad de trepar, el grado y el tipo de ramificación. Sin embargo, Rosas (1988) comenta que si las ramas terminan en racimos son considerados de hábito de crecimiento determinado, mientras que si termina en meristema vegetativo son materiales indeterminados.

Figura 17

Hábito de crecimiento identificado en la colección de fréjol

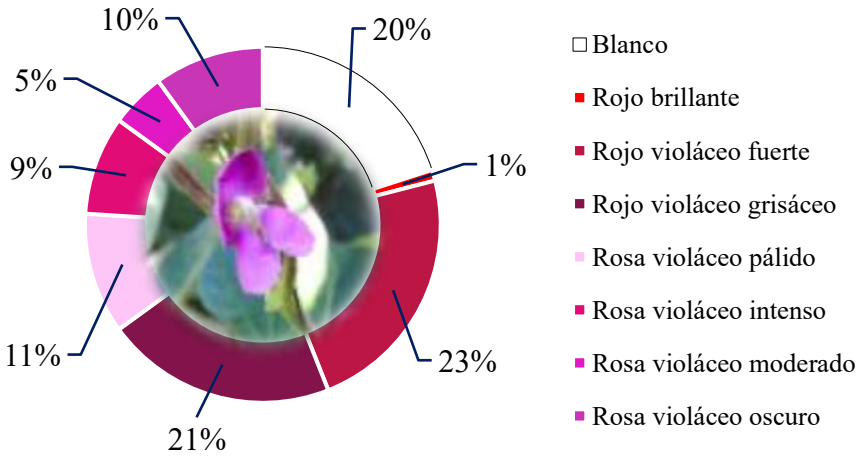


4.5.2. Color de las alas

En la evaluación de la colección de fréjol se observó una amplia variabilidad de colores presentes en las alas, estandarte y la quilla. Con respecto al color de las alas se registraron ocho colores, de los cuales tres fueron predominantes: el 23 % corresponde a rojo violáceo fuerte, el 21%, rojo violáceo grisáceo, y el 20%, de color blanco. Además, se observó que menos del 11 % de las accesiones presentan colores como: rosa violáceo pálido, intenso, moderado, oscuro y rojo brillante (Figura 18).

Figura 18

Color de las alas de la flor de fréjol



Ulcuango (2018) dentro de la colección evaluada, encontró cinco tonalidades de color, predominando el blanco, mientras que en el estudio realizado por Tabango (2021) prevaleció

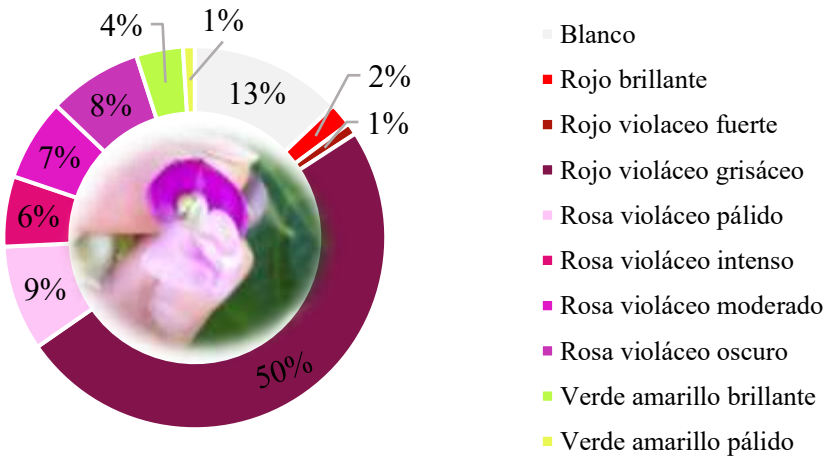
el violeta. Hay que destacar que las alas de la flor presentaron en menor proporción tonos que van desde el rosado, rojo, rojo púrpura, blanco con pigmento rosado, amarillo púrpura hasta naranja. Esta diversidad en colores es planteada por Mateo (1961).

4.5.3. Color del estandarte de la flor de fréjol

Dentro de la característica del color del estandarte se observó la presencia de 10 colores, donde el 50% de las accesiones es de color rojo violáceo fuerte, seguido por el color blanco con un 13 %. Además, se observó la presencia de menos del 10% en colores como: Rosa violáceo pálido, intenso, moderado y oscuro, verde amarillo pálido y verde amarillo brillante (Figura 19).

Figura 19

Color del estandarte de la flor de fréjol



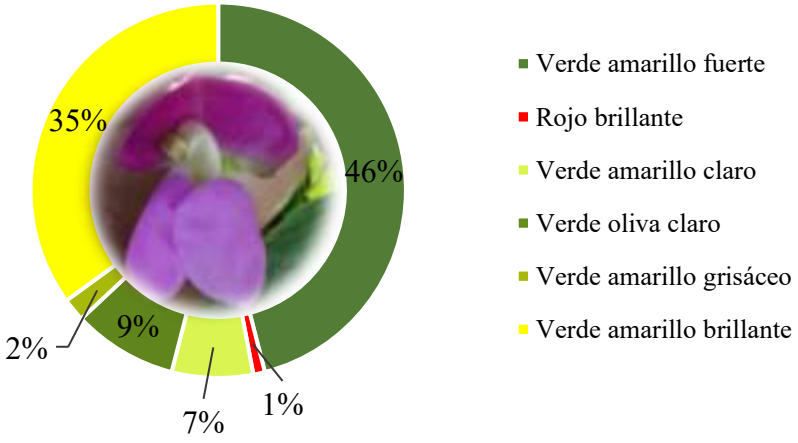
En el estudio realizado por Tabango (2021) en la colección se evidenció siete tonalidades en el estandarte de la flor, donde el 31 % de los materiales evaluadas presentaron ser de color verde. Sin embargo, dentro de ello en menor proporción se observó tonos que van desde el blanco, marrón oscuro, violeta oscuro, violeta, rosado azulado y purpura.

4.5.4. Color de la quilla de la flor

Según los resultados alcanzados se evidenció la presencia de 6 colores dentro de la colección de fréjol evaluada. Dentro de las 128 accesiones el 46 % corresponden al color blanco, seguido por el 35 % pertenecientes al color verde amarillo brillante. De igual manera, hubo presencia del menos de 10% en colores como el rojo brillante, verde amarillo claro, verde oliva claro y verde amarillo grisáceo como se muestra en la figura 20. Estos resultados difieren a los que obtuvo Tabango (2021) ya que dentro de la evaluación de los materiales de fréjol obtuvo la presencia de tres colores siendo el verde (95 %) la tonalidad con mayor predominancia. Lui et al. (2022) esta diferencia de tonalidades se debe a la genética, y la herencia, sin embrago el color está determinado por a producción de pigmentos naturales llamados antocianinas y carotenoides.

Figura 20

Color de la quilla de la flor



4.5.5. Color del tallo en la etapa de madurez fisiológica

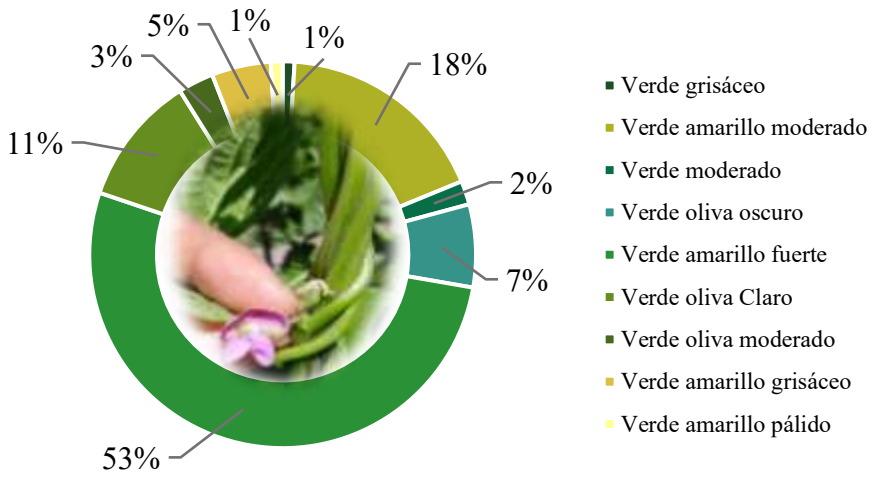
En la evaluación de esta variable se evidenciaron 9 tipos de colores que estuvieron presentes. El 53 % de las accesiones corresponde al color verde amarillo fuerte demostrando ser el color predominante dentro de las accesiones evaluadas, mientras que el 18 % corresponde al verde amarillo claro. Sin embargo, menos del 11 % muestra la presencia de colores como verde

grisáceo, verde moderado, verde oliva oscuro, verde oliva claro, verde oliva moderado, verde amarillo grisáceo y verde amarillo pálido (Figura 21).

De acuerdo con Ulcuango (2018) dentro de la evaluación de los materiales se evidenció tres tonalidades, mostrando predominancia tallos de color verde amarillo, estos resultados son similares en cuanto a la predominancia, sin embargo, la diferencia de porcentajes podría atribuirse a la variabilidad genética de los materiales evaluados.

Figura 21

Color del tallo del fréjol en la etapa de madurez fisiológico

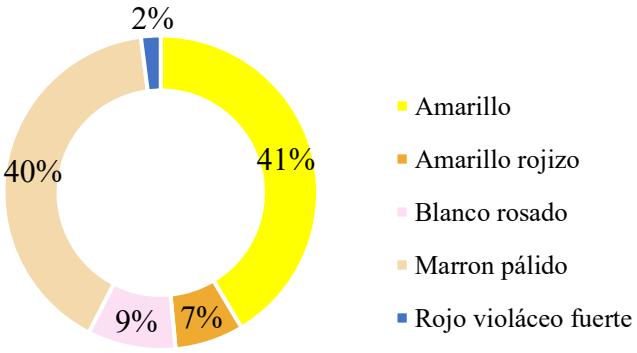


4.5.6. Color de la vaina del fréjol en la etapa de cosecha

Según la Tabla de colores de Munsell se realizó una clasificación de 5 categorías, donde el 41% de las accesiones son de color amarillo, y el 40 % representando el color marrón pálido. Esto muestra que el color amarillo es predominante dentro de las accesiones evaluadas como se muestra en la figura 22. Estos resultados son similares a los de Ulcuango (2018) quien identificó 6 colores, siendo el amarillo el color predominante con 42 %. En menor proporción se observó tonos que van desde el marrón, amarillas rojizas, amarillos con pigmento púrpura, rojo púrpura con pigmento amarillo y verde amarillo.

Figura 22

Color de la vaina del fréjol en la etapa de cosecha

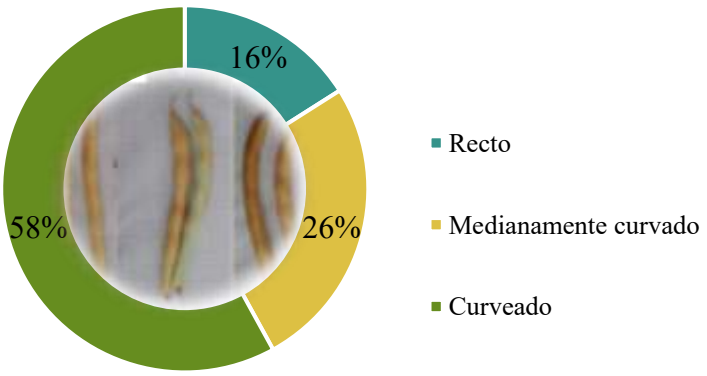


4.5.7. Forma de la vaina

Según CIAT (1993) al momento del secado las vainas del fréjol adquieren 4 formas diferentes según a la variedad que pertenezca. Sin embargo, dentro de la evaluación se observó la presencia de tres tipos de formas como el recto, mediamente curvado y curvado. Dentro del primer grupo el 58% de las 128 accesiones presentan una forma de la vaina curvado seguido por el 26 % con la forma medianamente curvado (Figura 23). Tabango (2021) en la caracterización de los materiales se observó que la forma predominante fue medianamente curvada, a comparación de Ulcuango (2018) donde predomina la forma recta. Esta variabilidad de formas en los estudios

Figura 23

Forma de la vaina de fréjol en la etapa de cosecha

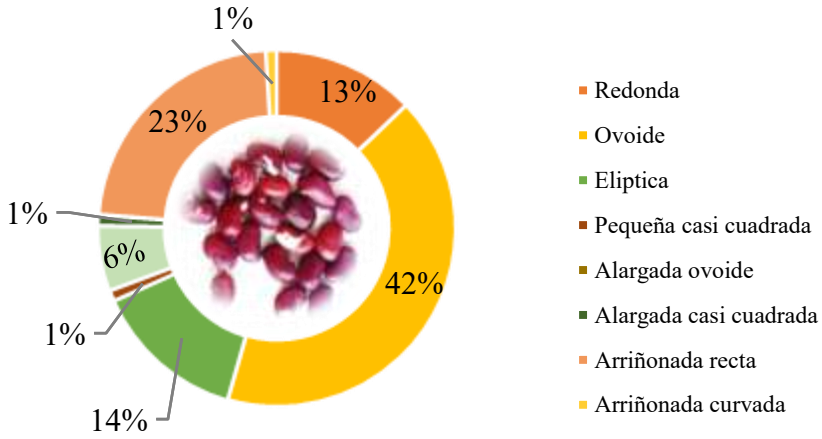


4.5.8. Forma de la semilla

El análisis de frecuencia demostró la presencia de ocho tipos de semillas, donde el 42 % de las accesiones evaluadas presentan la forma de tipo 2 (ovoide), seguido por la forma 8 con un 23% (arriñonada con una curva en el lado opuesto al hilo). Estos resultados son similares a la evaluación que realizó Ulcuango (2018) ya que prevaleció la forma ovoidea seguido por arriñonada recta. Por otro lado, hubo presencia del menos de 15% en otras formas de la semilla dentro de las accesiones evaluadas como se muestra en la figura 24. Esta variabilidad depende de la variedad a la que correspondan y a los factores como el ambiente al momento de la cosecha, ya que, esto se realiza cuando la semilla se encuentra con un contenido de humedad entre 16 a 18 % (CIAT, 1993).

Figura 24

Forma de la semilla de la colección de fréjol



4.5.9. Color primario de la semilla de fréjol

En la caracterización de esta variable se registró la presencia de 20 colores con la ayuda del libro de colores de Munsell. El color predominante dentro de la colección es el rojo violáceo fuerte con 34 %, seguido por el gris rosado con el 11 %. Además, es posible encontrar colores rojos, negro, blanco, marrón, amarillo y naranja claro en menos del 10% (Figura 25).

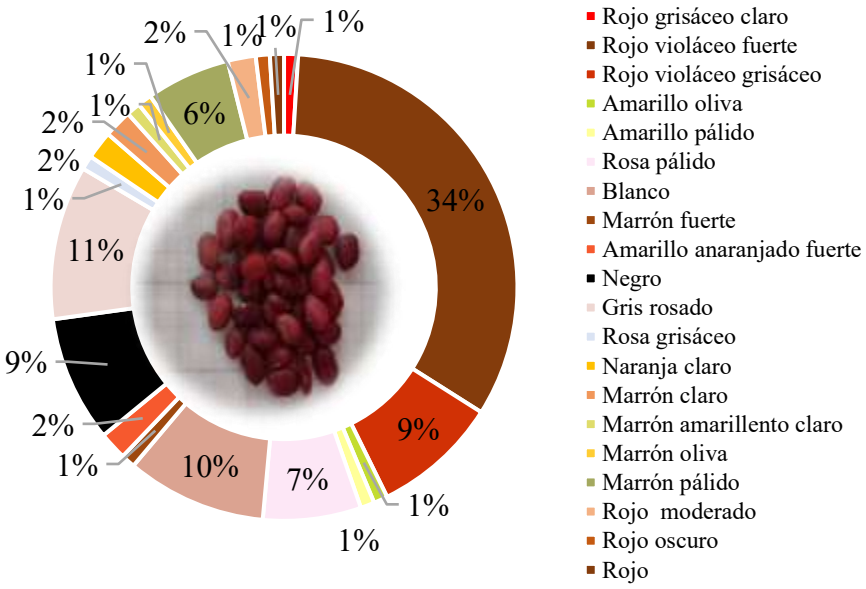
Tabango (2021) dentro de la colección evaluada, identificó 11 tonalidades de color, predominando el marrón claro, mientras que en el estudio realizado por Ulcuango (2018) prevaleció el rojo. Hay que destacar que el color de las semillas presentó en menor proporción

tonos que van desde el rojos grisáceo, blanco, negro, púrpura grisácea, amarillo, marrón, blanco rosado, amarillo rojizo, púrpura pálida, rosado púrpura, marrón rojizo, roso grisáceo púrpura, rosado, y olivo.

Las accesiones que tienen mayor predominancia del color rojo violáceo fuerte son: Bolón Negro, Bolón Rojo, CB-UTN-019, CB-UTN-020, CB-UTN-022, CB-UTN-024, CB-UTN-02A, CB-UTN-036, CB-UTN-038, CB-UTN-044, CB-UTN-058, CB-UTN-067,CB-UTN-074, CB-UTN-077, CB-UTN-080, CB-UTN-084, CB-UTN-088, CB-UTN-090, CB-UTN-091, CB-UTN-106, CB-UTN-111, CB-UTN-113A, CB-UTN-132A, CB-UTN-132B, CB-UTN-133A, CB-UTN-133B, CB-UTN-134A, CB-UTN-136B, CB-UTN-139, CB-UTN-148, CB-UTN-152, CB-UTN-166, CB-UTN-171, CB-UTN-174, CB-UTN-175, CB-UTN-176, CB-UTN-53B, CB-UTN-72A, CB-UTN-95A, CB-UTN-95B, CB-UTN-95C, F. Matambre y V. Celinario.

Figura 25

Color primario de la semilla de fréjol



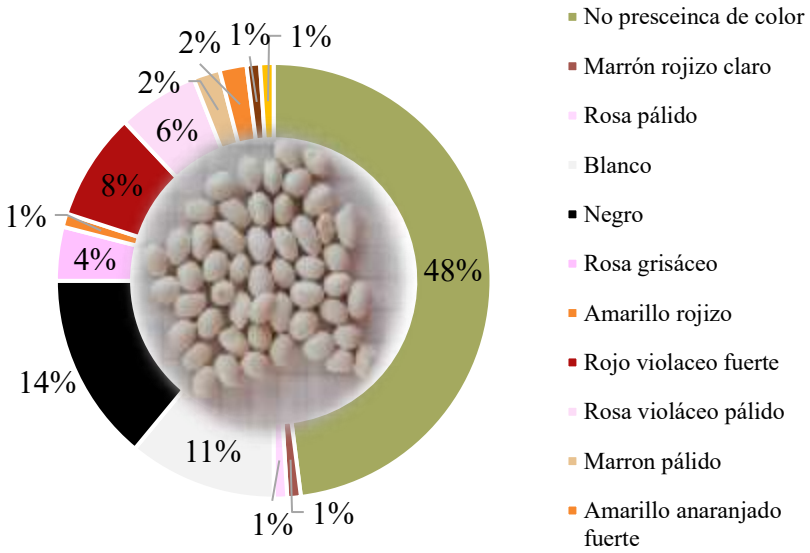
4.5.10. Color secundario de la semilla de fréjol

Según los resultados obtenidos se puede evidenciar en la figura 26 que el 48 % de las accesiones evaluadas no presentan el color secundario en las semillas, por ende, es considerado como categoría 0. Sin embargo, el 14 % de las accesiones, según la clasificación realizada,

corresponde a la categoría 12 representado por el color negro, seguido por la categoría 11 con el 11% de las accesiones correspondientes al color blanco. Estos dos colores segundarios tienen mayor predominancia dentro de las accesiones evaluadas, empero, en menos del 8% de las accesiones hay presencia de color rosa, amarillo, naranja, rojo, marrón.

Figura 26

Color secundario de la semilla de fréjol



4.6. Análisis de componentes principales (ACP) en la colección de fréjol de la provincia de Imbabura

Di Masso et al. (2010) mencionan que el Análisis de Componentes Principales ayuda a clasificar la variación fenotípica en variables independientes, lo que permite reducir dimensiones de las variables evaluadas e identificar los factores que explican la mayor variabilidad de datos, facilitando la interpretación conjunta de las características agronómicas.

En la Tabla 16 se evidencia que los dos primeros componentes son los más representativos, ya que el CP1 explica el 34 % de variabilidad con una proporción acumulada de 34 %. Este componente concentra mayor cantidad de información por lo cual, representa el eje principal de variación entre variables evaluadas. El CP2 muestra con una contribución de 23 % y una proporción acumulada de 57 %. El CP1 y el CP2 muestran que más de la mitad tiene una variabilidad total, reflejando una estructura significada en la evaluación.

Tabla 16

Análisis de Componentes principales de la colección de 128 accesiones

Lambda	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	4.14	34%	34%
2	2.73	23%	57%

En la Tabla 17 se demuestra el análisis de auto vectores que permitió identificar variables que contienen mayor peso de cada componente. Por lo tanto, el eje 1 está relacionado con las características fenológicos del cultivo como días a la madurez fisiológica (0.38), días a la cosecha (0.39), peso de 100 semillas (0.34) y el ancho de la semilla (0.4). El eje 2 está determinado por la parte productiva como el peso de las 100 semillas (0.33), longitud de la vaina (0.43) y al ancho de la semilla (0.26), además, dentro de este eje se discrimina las características de calidad de grano frente a la precocidad y sanidad del cultivo.

Tabla 17

Auto vectores de los primeros componentes en la evaluación de las 128 accesiones

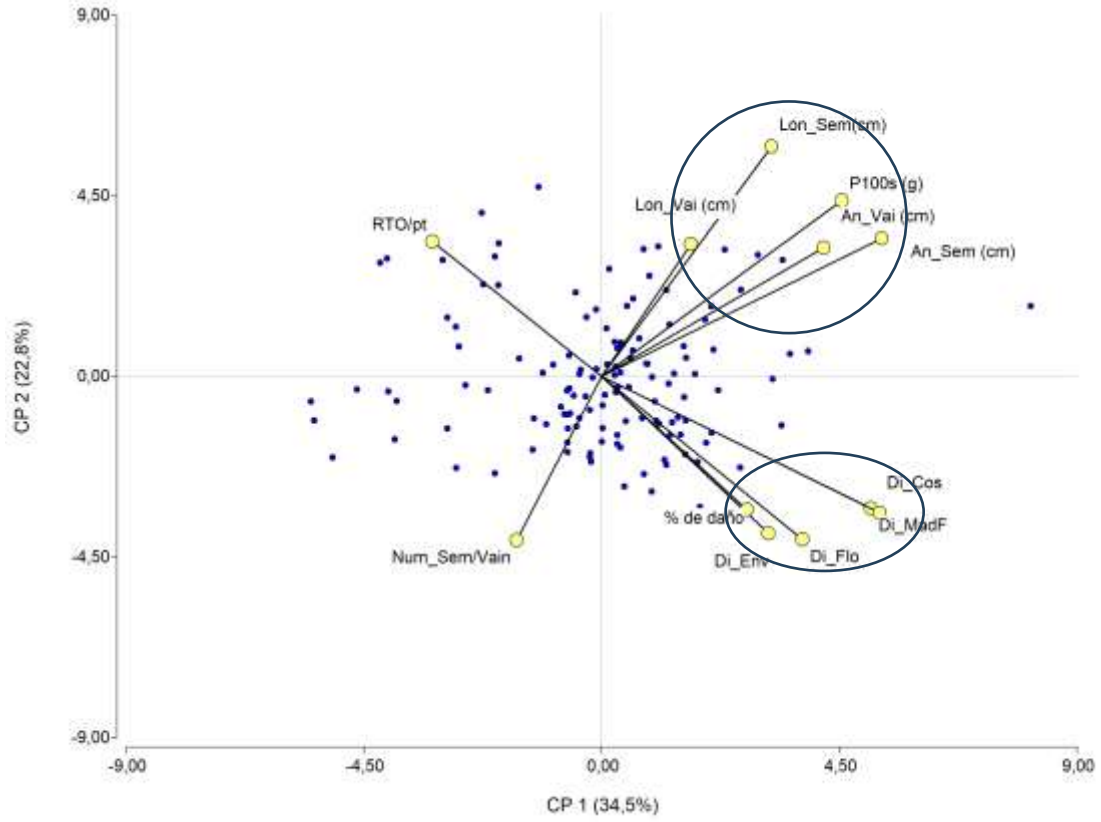
Variables	e1	e2
Días a la floración	0.28	-0.3
Días al envainado	0.24	-0.29
Días a la madurez fisiológica	0.38	-0.25
Días a la cosecha	0.39	-0.25
Peso de 100 Semilla (g)	0.34	0.33
Rendimiento planta	-0.24	0.25
Porcentaje de daño	0.21	-0.25
Longitud de la vaina (cm)	0.13	0.25
Ancho de la vaina (cm)	0.31	0.24
Número de semillas por vaina	-0.12	-0.,31
Longitud de la semilla(cm)	0.24	0.43
Ancho de la semilla (cm)	0.4	0.26

El análisis realizado permitió visualizar la relación entre las variables y los componentes principales, donde se observan 2 agrupaciones de variables relacionadas entre sí. El primer grupo se relacionan entre variables como longitud de la vaina, ancho de la vaina, número de semillas por vaina, longitud de la semilla y ancho de la semilla, por otro lado, el segundo grupo

indica relación entre días a la floración, envainado, madurez fisiológica, cosecha y el porcentaje de daño, mientras que las variables rendimiento y el número de semillas por vaina se encontraron separadas a las demás variables. Es decir, no muestran relación con las demás variables, esto indica una menor contribución de variabilidad explicada por los primeros componentes (Figura 27).

Figura 27

Distribución de variables originales de las accesiones sobre el primero y segundo componente principal en la evaluación de las 128 accesiones de fréjol



Nota: círculos azules ● (accesiones) y circulo amarillo (variables) ●

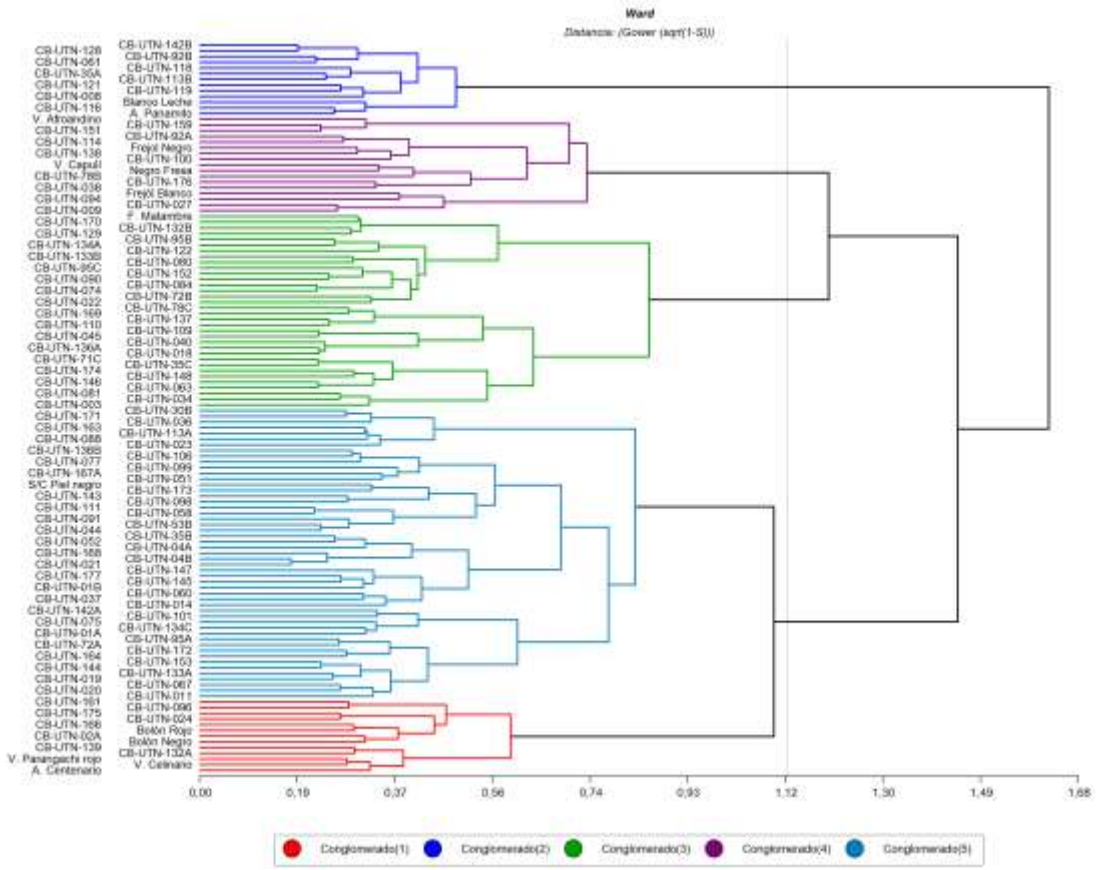
4.7. Análisis por conglomerados en 128 accesiones evaluados en el cultivo de fréjol

Según el análisis de conglomerados mediante el método de agrupamiento jerárquico de Ward (1963) y la distancia de Gower permitió conglomerar las 128 accesiones de fréjol en función de las características agronómicas y morfoagronómicas. Estos resultados permitieron agrupar en 5 grupos con una correlación cofenética de 0.413 y una distancia máxima de conglomeración

de 1.60 aproximadamente. Además, se evidencia una marcada variabilidad fenológica, morfológica, y productiva entre los materiales evaluados (Figura 28).

Figura 28

Dendrograma de agrupamiento jerárquico de Ward que muestra las relaciones de las 128 accesiones del cultivo de fréjol Phaseolus vulgaris L.

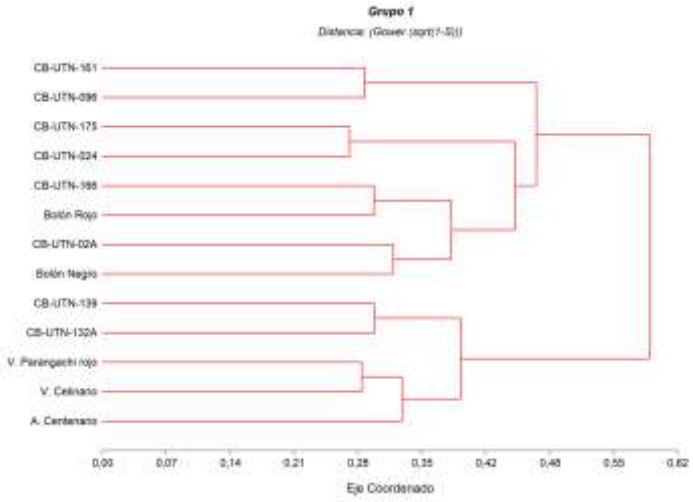


Grupo 1

Dentro del primer grupo se evidenció la presencia de 13 accesiones de fréjol CB-UTN-161, CB-UTN-096, CB-UTN-175, CB-UTN-024, CB-UTN-166, Bolón rojo, CB-UTN-02A, Bolón negro, CB-UTN-139, CB-UTN-162A, Parangachi rojo, Celinario, Centenario (Figura 29). La conglomeración dentro de este grupo tiende a una distancia máxima de 0.70 aproximadamente. El análisis de agrupamiento jerárquico revela la presencia de diversidad estructurada, lo que resulta favorable para la identificación de genotipos contrastantes con potencial uso en programas de mejoramiento genético y conservación de recursos fitogenéticos (Cruz et al., 2012).

Figura 29

Dendrograma de 13 accesiones de fréjol que forman parte del grupo

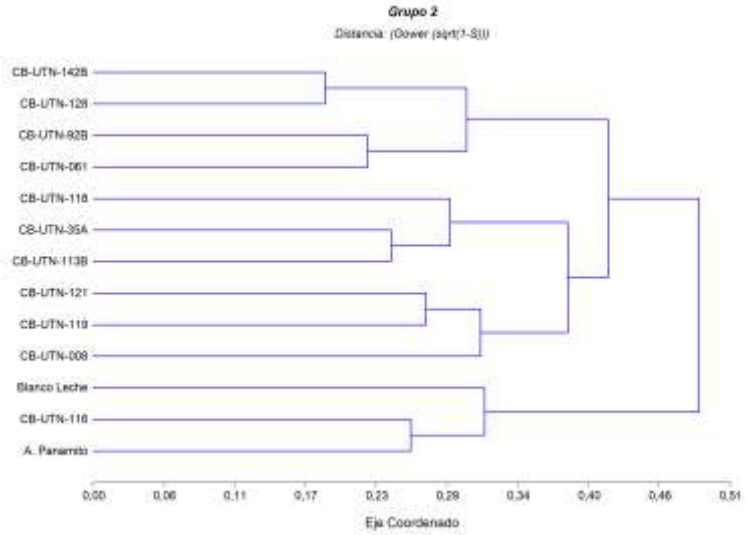


Grupo 2

En el grupo 2 consta de 13 accesiones de fréjol CB-UTN-142B, CB-UTN-128, CB-UTN-92B, CB-UTN-061, CB-UTN-118, CB-UTN-035A, CB-UTN-113B, CB-UTN-121, CB-UTN-119, CB-UTN-008, CB-UTN-116, Blanco leche, Arbustivo panamito. La conglomeración dentro de este grupo tiende a una distancia máxima de 0.49 aproximadamente (Figura 30).

Figura 30

Dendrograma del grupo 2 de la colección de fréjol Phaseolus vulgaris L.

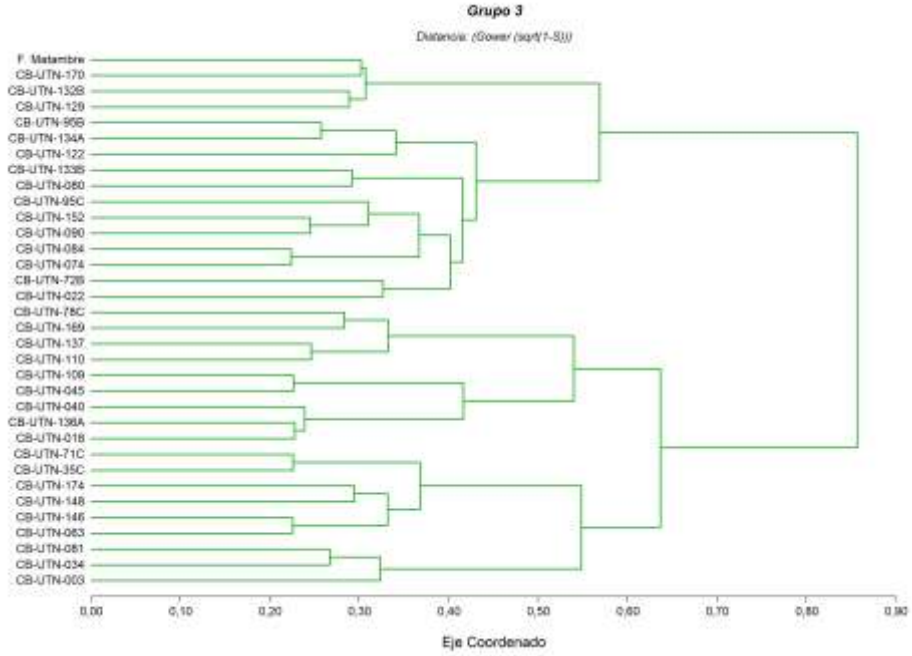


Grupo 3

El dendrograma de la figura 29 correspondiente al grupo 3 permite conocer 34 accesiones que se conglomera a una distancia de Gower alrededor de 0.88. Estas son: la Fréjol matambre, CB-UTN-170, CB-UTN-132B, CB-UTN-129, CB-UTN-95B, CB-UTN-134A, CB-UTN-122, CB-UTN-133B, CB-UTN-080, CB-UTN-95C, CB-UTN-152, CB-UTN-090, CB-UTN-084, CB-UTN-074, CB-UTN-72B, CB-UTN-022, CB-UTN-78C, CB-UTN-169, CB-UTN-137, CB-UTN-110, CB-UTN-109, CB-UTN-045, CB-UTN-040, CB-UTN-136A, CB-UTN-018, CB-UTN-71C, CB-UTN-35C, CB-UTN-174, CB-UTN-148, CB-UTN-146, CB-UTN-063, CB-UTN-081, CB-UTN-034 y CB-UTN-003 (Figura 31).

Figura 31

Dendrograma del grupo 3 de la colección de fréjol Phaseolus vulgaris L.

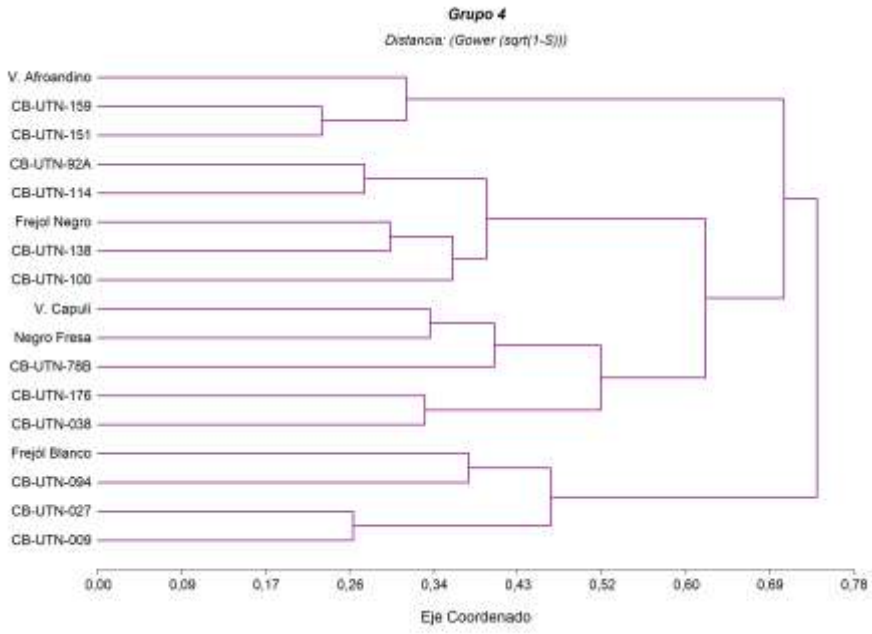


Grupo 4

Se observa que está conformado por 17 accesiones: Variedad Afroandino, CB-UTN-159, CB-UTN-151, CB-UTN-92A, CB-UTN-114, Fréjol Negro, CB-UTN-138, CB-UTN-100, Variedad capulí, Negro fresa, CB-UTN-78B, CB-UTN-176, CB-UTN-038, Fréjol blanco, CB-UTN-094, CB-UTN-027, CB-UTN-009. Cuentan con una conglomeración máxima de 0.75 aproximadamente (Figura 32).

Figura 32

Dendrograma del grupo 4 de la colección de fréjol Phaseolus vulgaris L.

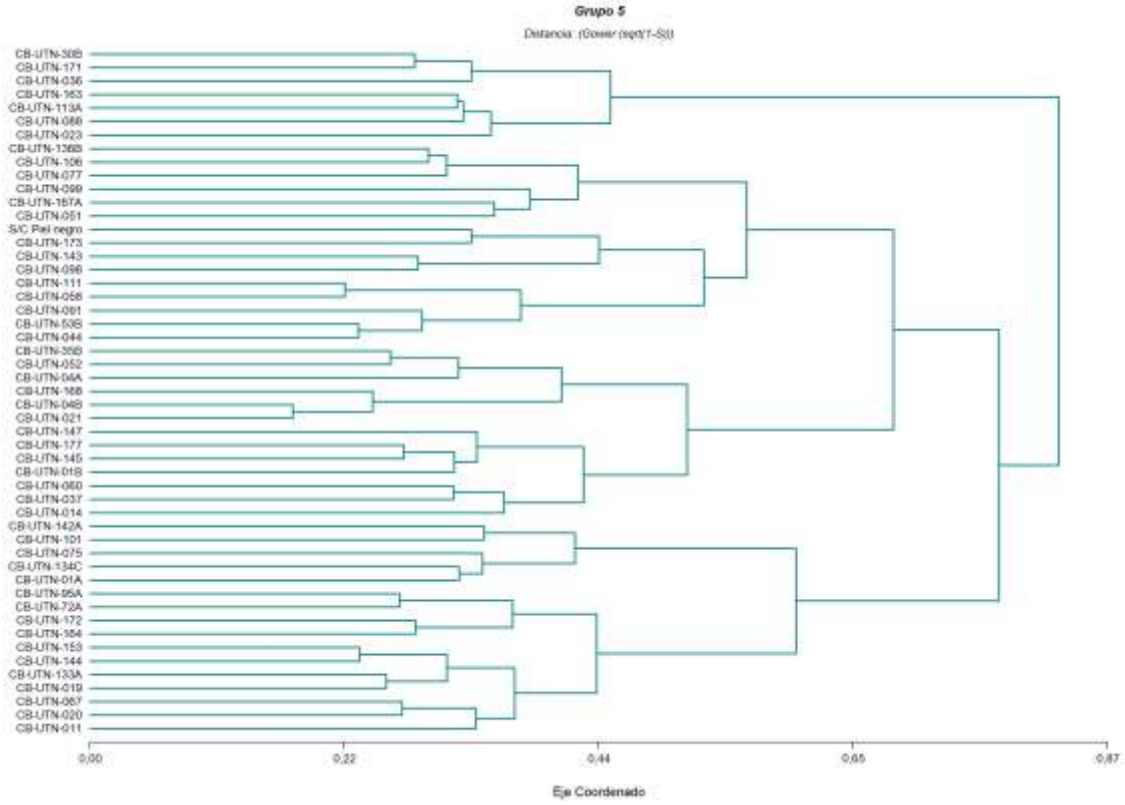


Grupo 5

Dentro del grupo 5 se evidencio la presencia de 51 accesiones: CB-UTN-30B, CB-UTN-171, CB-UTN-036, CB-UTN-163, CB-UTN-113A, CB-UTN-088, CB-UTN-023, CB-UTN-136B, CB-UTN-106, CB-UTN-077, CB-UTN-099, CB-UTN-167A, CB-UTN-051, CB-UTN-173, S/C Piel negro, CB-UTN-143, CB-UTN-098, CB-UTN-111, CB-UTN-058, CB-UTN-091, CB-UTN-53B, CB-UTN-044, CB-UTN-35B, CB-UTN-052, CB-UTN-04A, CB-UTN-168, CB-UTN-04B, CB-UTN-021, CB-UTN-147, CB-UTN-177, CB-UTN-145, CB-UTN-01B, CB-UTN-060, CB-UTN-037, CB-UTN-014, CB-UTN-142A, CB-UTN-101, CB-UTN-075, CB-UTN-134C, CB-UTN-01A, CB-UTN-95A, CB-UTN-72A, CB-UTN-164, CB-UTN-153, CB-UTN-144, CB-UTN-133A, CB-UTN-019, CB-UTN-020 Y CB-UTN-011. La conglomeración dentro de este grupo tiende a una distancia máxima de 0.85 aproximadamente. El análisis de agrupamiento jerárquico revela la presencia de diversidad estructurada, lo que resulta favorable para la identificación de genotipos contrastantes con potencial uso en programas de mejoramiento genético y conservación de recursos fitogenéticos (Cruz et al., 2012) (Figura 33).

Figura 33

Dendrograma del grupo 5 de la colección de fréjol Phaseolus vulgaris L.



4.8. Análisis de valor discriminante para las características cuantitativos y cualitativos

Para realizar la selección de descriptores discriminantes cualitativos y cuantitativos se aplicó parámetros estadísticos que se detallan a continuación.

4.8.1. Características cuantitativas del cultivo de fréjol

Para los valores discriminantes dentro de los caracteres cuantitativos se evaluaron mediante la prueba de Fisher al 5%, esto permitió realizar comparaciones entre grupos (Tabla 18).

El análisis de las variables cuantitativas relacionadas con la caracterización de fréjol demostró diferencias significativas entre los grupos de accesiones dentro de las variables días a la floración, días al envainado, días a la cosecha, longitud de la vaina, ancho de la vaina, número de semillas por vaina y la longitud de la semilla. Estas diferencias sugieren una variabilidad genética considerable lo que es esencial para los programas de mejoramiento genético.

Tabla 18

Análisis de varianza para variables cuantitativas de las accesiones de fréjol según los conglomerados.

Variables	Grupo 1 (13)	Grupo 2 (13)	Grupo 3 (34)	Grupo 4 (17)	Grupo 5 (51)	CV	P-valor
DF	69.77±1.29A	69.46±1.29B	71.79±0.80A	66.76±1.13C	72.47±0.65A	6.57	<0.0004
DE	116.77±3.76B	121.23±3.76A	125.26±2.32A	114.713.28C	129.41±41A	10.90	<0.0007
DC	129.31±3.98B	131.92±3.98B	137.12±2.46A	129.29±3.48C	141.47±2.01A	10.51	<0.0063
P100	51.62±3.64A	38.08±3.64C	47.50±2.25AB	41.53±3.19B	45.98±1.84A B	28.84	<0.0586
RTO	20.15±3.75A	25.85±3.75A	23.59±2.32A	28.00±3.28A	22.31±1.89A	57.36	<0.4854
LV	12.15±0.40BC	12.25±0.40ABC	13.11±0.25A	11.72±0.35C	12.70±0.20A B	11.58	0.0171
AV	1.25±0.05A	1.00±0.05B	1.06±0.03B	1.00±0.04B	1.03±0.02B	16.14	<0.0003
NSV	4.33±0.24C	5.34±0.24A	4.74±0.15BC	5.05±0.21AB	5.14±0.12A	17.77	<0.0111
LS	1.39±0.05A	1.14±0.05C	1.37±0.03A	1.24±0.04BC	1.30±0.03AB	14.03	<0.0011
AS	0.87±0.03A	0.78±0.03B	0.81±0.02AB	0.78±0.02B	0.82±0.01AB	11.43	<0.0535

Nota: DF: Días a la floración, DE: Días al envainado, DC: Días a la cosecha, P100: Peso de 100 semillas, RTO: Rendimiento, LV: Longitud de la vaina, AV: Ancho de la vaina, NSV: Número de semillas por vaina, LS: Longitud de la semilla, AS: Ancho de la semilla.

El análisis de conglomerados (Tabla 18) demostró que el conglomerado 4 con 17 accesiones presenta características de interés agronómico como la precocidad y la productividad a las siguientes variables: DF, DE y DC que fueron a los 66, 114 y 129 días respectivamente. Por otro lado, cabe recalcar que, en este grupo, para la variable de rendimiento se tuvo una diferencia de 7.85 g/p respecto al grupo 1 siendo el más productivo a comparación de otros grupos; sin embargo, en el peso de las 100 semillas demuestran ser relativamente bajo con una diferencia de 10.09g en comparación con el grupo 1 que fue el que mayor peso tuvo, esto se debe a que en este grupo existe la presencia de semillas pequeñas.

En cuanto a la LV se puede observar que hay una diferencia significativa de 1.39 cm con respecto al C3, siendo la C4 de menor longitud, sin embargo, se enfatiza que la C4 es el que presento un mayor número de semillas por vaina. Por ende, con respecto al rendimiento es importante el número de semillas por vaina.

Otro de los grupos que cuentan con características similares en cuanto al rendimiento es el C2, el cual se caracteriza por registrar 5 semillas por vaina y un rendimiento de 25.8 g/p. De igual

manera, se evidencia un comportamiento fenológico precoz en las 13 accesiones de 69 DF, 121 DE y 131 DC en comparación al C3 y C5 que demuestran ser materiales tardíos y cuentan con menor potencial productivo, lo cual hace que sean menos deseables para programas de mejoramiento.

Mientras que, el C5 evidencia un comportamiento más tardío (mayores días a floración, envainado y cosecha) y un rendimiento inferior, lo que limita su potencial en programas enfocados en eficiencia productiva. Asimismo, el C1 y C3 presentan rendimientos intermedios, aunque el C3 destaca por mayor peso de semillas, lo que podría ser útil en programas orientados a mejorar la calidad del grano más que la cantidad.

A nivel de accesiones, se evidencian diferencias significativas en los componentes del rendimiento y las características agronómicas evaluadas. La accesión CB-UTN-151 destacó por presentar el mayor rendimiento con un 49 g/p, lo que la posiciona como el material más sobresaliente en términos productivos. De manera similar, la accesión CB-UTN-159 mostró un alto rendimiento con el 38 g/p, consolidándose como una alternativa promisoria dentro del conjunto evaluado.

En cuanto al peso de 100 semillas, la accesión Fréjol Blanco registró un valor de 93 g siendo el de mayor valor, seguida de CB-UTN-094 y CB-UTN-100 con 68 y 62 g correspondientes, lo que indica un mayor tamaño y peso de grano, características importantes para la calidad comercial. Por otro lado, en el NSV, la accesión CB-UTN-92A presentó 6.7 semillas la cual fue el valor más elevado, seguida de CB-UTN-151 y CB-UTN-114 con 6.3 y 5.9 semillas respectivamente, lo que evidencia un mayor potencial en los componentes del rendimiento.

Respecto al ciclo del cultivo (DC), la accesión Fréjol Blanco con 190 días mostró el ciclo más largo, mientras que materiales como CB-UTN-038 y CB-UTN-176 fueron de los ciclos más cortos a los 104 días, lo que sugiere mayor precocidad y potencial adaptación a sistemas de producción de ciclo corto.

En términos de sanidad (% de daño), se observa variabilidad entre accesiones, donde materiales como CB-UTN-038, Fréjol Negro, Negro Fresa y V. Afroandino registraron los valores más bajos (1–2%), indicando una posible tolerancia o resistencia a factores adversos, mientras que otras accesiones como CB-UTN-094 y Fréjol Blanco presentaron mayores porcentajes de afectación.

En conjunto, los resultados evidencian una amplia variabilidad entre accesiones, permitiendo identificar materiales con atributos específicos de interés. Así, CB-UTN-151 y CB-UTN-159 destacan por su alto rendimiento, Fréjol Blanco por el peso de semilla, y CB-UTN-92A por su elevado número de semillas por vaina, lo que sugiere que la combinación de estos genotipos en programas de mejoramiento podría contribuir al desarrollo del cultivo, de tal manera mejorando el equilibrio entre productividad, calidad de grano y adaptación agronómica.

4.8.2. Características cualitativas a nivel grupal en el cultivo de fréjol

En la tabla 19 se puede observar los valores discriminantes dentro de los descriptores cualitativos en la caracterización morfológica y fenológica en la colección de 128 accesiones de fréjol. La estadística usada dentro de la evaluación fue a través de Chi cuadrado (X^2) que permitió determinar la existencia de dependencia entre variables, mientras que el coeficiente de variación de Pearson (C) y (V) de Gramer cuantificaron la intensidad y fuerza de la asociación. Sin embargo, dentro de los caracteres evaluados presentaron ($p<0.05$) lo que demuestra una asociación estadísticamente significativa.

Tabla 19

Valores discriminantes en parámetros cualitativos mediante la prueba de Chi-cuadrado dentro de las accesiones del fréjol

Variable	Chi^2	Coef. Pearson (P)	Gramer (V)	P-valor
Forma de la Semilla	86.80	0.64	0.37	<0.0001
Forma de la vaina	76.10	0.61	0.45	<0.0001
Hábito de crecimiento	53.68	0.54	0.32	<0.0001
Color de alas	108.02	0.68	0.41	<0.0001
Color de estandarte	147.68	0.73	0.48	<0.0001
Color de quilla	74.41	0.61	0.34	<0.0001
Color de tallo	48.14	0.52	0.27	<0.0001
Color de vaina	59.90	0.56	0.05	<0.0001
Color primario de semilla	161.12	0.75	0.50	<0.0001
Color secundario de Semilla	132.79	0.71	0.46	<0.0001

Se observaron importantes niveles de variabilidad dentro de los caracteres estudiados, sin embargo, descriptores relacionados en cuanto al color de la semilla (primario, secundario) y de la flor (alas, estandarte, quilla), presentan mayor capacidad discriminante en la diferenciación de los grupos dentro de la accesión. Por otro lado, las variables que muestran menor contribución a la separación de los grupos es el hábito de crecimiento y el color del tallo.

4.9. Identificación de morfotipos por grupos

A través del análisis de agrupamiento jerárquico de Ward se obtuvieron cinco grupos de entradas (grupos de accesiones que comparten características morfológicas en común para diferenciar en alguna de ellas). A continuación, se describe las características de cada grupo (Tabla 20).

4.9.1. Características asociadas a la semilla vaina y hábito de crecimiento

a) **Forma de la semilla:** Los grupos 1 (54 %) y 5 (57%) presentan exclusivamente una forma de semilla de tipo 2 (ovoide), seguido por el tipo de semilla de tipo 8 (arriñonada, recta en el lado del hilo) se encuentran dentro del grupo 1 y 3.

b) **Forma de la vaina:** Dentro de esta variable se evidenció la forma de la vaina de tipo 2 (medianamente curvado) dentro del grupo 4 (88 %), seguido por la forma de tipo 3 (curvado) que se encuentra presente dentro del grupo 5 (84 %).

c) **Hábito de crecimiento:** El tipo IV es de mayor predominancia dentro de los grupos 1, 3 y 5 (100%), a comparación del grupo 4 con la forma de tipo 1 (arbustivo) que obtuvo menor presencia.

Tabla 20

Variables cualitativas correspondientes a formas y hábito de crecimiento del cultivo de fréjol

Descriptor	Clases	Grupo 1 (13)	Grupo 2 (13)	Grupo 3 (34)	Grupo 4 (17)	Grupo 5 (51)
Forma de la semilla	1.-Redonda	8%	62%	6%	12%	6%
	2.-Ovoide	54%	8%	29%	41%	57%
	3.-Elíptica	-	8%	9%	12%	24%
	4.-Pequeña cuadrad	-	-	-	-	2%
	5.-Alargada ovoidea	-	15%	-	12%	8%
	7.-Ovoidea inclinada	-	-	-	6%	-
	8.-Alargada cuadrada	38%	8%	56%	18%	2%
	9.-Arriñonada	-	-	-	-	2%
Forma de la vaina	1.-Recto	69%	15%	18%	6%	6%
	2.-Medianamente curvado	8%	23%	26%	88%	10%
	3.-Curvado	23%	62%	56%	6%	84%
Hábito de crecimiento	1.-Arbustivo determinado	-	-	-	12%	-
	2.-Arbustivo indeterminado	-	15%	-	29%	-
	3.-Postrado indeterminado	-	8%	-	12%	-
	4.-Trepador indeterminado	100%	77%	100%	47%	100%

4.9.2. Distribución de los descriptores de color floral en grupos de accesiones

a) Color de las alas: El color blanco predomina en el grupo 2, mientras que el rojo violáceo fuerte da presencia en el grupo 3 y 4. El grupo más diverso es el grupo 5 que incluye siete tipos de colores (Tabla 21).

b) Color del estandarte: El color predominante se encuentra dentro del grupo 2 con el color blanco, sin embargo, el grupo que contiene mayor diversidad en cuanto a colores es el grupo 5 con ocho tipos de colores dentro de la colección de fréjol.

c) Color de la quilla: El color con mayor predominancia en la quilla es el grupo 1 y 2 seguido por el grupo 6 con el tipo de color verde amarillo brillante. El grupo 5 cuenta con mayor diversidad de colores.

Tabla 21

Colores de la flor identificados dentro de la colección de 128 accesiones de fréjol

Descriptor	Clases	Grupo 1 (13)	Grupo 2 (13)	Grupo 3 (34)	Grupo 4 (17)	Grupo 5 (51)
Color de alas	1.-Blanco	46%	100%	12%	-	6%
	2.-Rojo brillante	-	-	-	6%	-
	3.-Rojo violáceo fuerte	-	-	38%	35%	20%
	4.-Rojo violáceo grisáceo	23%	-	18%	12%	31%
	5.-Rosa violáceo pálido	23%	-	-	18%	16%
	6.-Rosa violáceo intenso	-	-	15%	6%	12%
	7.-Rosa violáceo moderado	-	-	15%	-	2%
	8.-Rosa violáceo oscuro	8%	-	3%	24%	14%
Color del estandarte	1.-Blanco	23%	92%	3%	-	-
	2.-Rojo brillante	-	-	-	6%	-
	3.-Rojo violáceo fuerte	15%	-	82%	29%	57%
	4.-Rojo violáceo grisáceo	23%	-	3%	18%	10%
	5.-Rosa violáceo pálido	23%	-	9%	-	4%
	6.-Rosa violáceo intenso	-	-	-	24%	10%
	7.-Rosa violáceo moderado	8%	-	-	12%	14%
	8.-Rosa violáceo oscuro	8%	-	-	12%	4%
	9.-Verde amarillo brillante	-	-	-	-	2%
	10.-Verde amarillo pálido	-	8%	3%	-	-
Color de quilla	1.-Verde amarillo brillante	92%	85%	12%	12%	59%
	2.-Rojo brillante	-	-	-	6%	-
	3.-Verde amarillo claro	-	-	6%	18%	8%
	4.-Verde oliva claro	-	-	3%	12%	16%
	5.-Verde amarillo grisáceo	-	8%	3%	-	2%
	6.-Verde amarillo brillante	8%	8%	76%	53%	16%

4.9.3. Características asociadas a la vaina, semilla y tallo

a) Color del tallo: El color verde amarillo fuerte presenta mayor predominancia dentro de los grupos 2 y 3, sin embargo, el grupo que cuenta con mayor diversidad de colores es el grupo 5 que está conformado de 8 tipos de colores (Tabla 22).

b) Color de la vaina: El color amarillo es más frecuente en el grupo 1, de igual manera, el grupo que cuenta con mayor diversidad de colores es el grupo 4 que está constituida por 5 tonalidades de colores.

c) **Color primario de la semilla**: Dentro del grupo 2 el color blanco es el color con mayor presencia dentro de las 128 accesiones evaluadas, seguida por el grupo 1 con el color de rojo violáceo fuerte. El grupo 5 cuenta con mayor presencia de diversidad de colores, ya que, está conformada por 15 tonalidades de colores.

d) Color secundario de la semilla: En la evaluación de la colección de fréjol se observa con mayor frecuencia no presentar el color secundario dentro del grupo 2. Sin embargo, el grupo 5 muestra mayor diversidad con 10 tipos de colores dentro de las accesiones.

4.10. Selección de materiales promisorios

La selección de materiales promisorios son fundamentales, ya que, es un gran aporte dentro de la agricultura; sin embargo, con la ayuda de descriptores relacionados a la producción como número de días a la cosecha, número de semillas por vaina, rendimientos expresados en gramos, el porcentaje de daño dentro de la semilla por plagas o enfermedades considerando hasta el 10 % de tolerancia por daños, el tipo de crecimiento y el color primario se realiza la selección de accesiones con potencial para los respectivos programas de mejoramiento.

4.10.1. Grupo 1

La evaluación de las accesiones permitió identificar materiales promisorios con características de interés para programas de mejoramiento genético. Se evidenció una amplia variabilidad en variables como rendimiento, número de semillas por vaina, peso de 100 semillas y precocidad, lo que constituye una base importante para la selección de genotipos superiores (Tabla 23).

Tabla 22

Colores de la semilla, tallos identificados dentro de la colección de 128 accesiones de fréjol

Descriptor	Clases	Grupo 1 (13)	Grupo 2 (13)	Grupo 3 (34)	Grupo 4 (17)	Grupo 5 (51)
Color del tallo	1.-Verde grisáceo	-	-	-	-	2%
	2.-Verde amarillo moderado	23%	23%	9%	35%	16%
	3.-Verde moderado	-	8%	-	6%	-
	4.-Verde oliva oscuro	15%	-	6%	-	10%
	5.-Verde amarillo fuerte	23%	69%	79%	29%	47%
	6.-Verde oliva claro	8%	-	3%	24%	16%
	7.-Verde oliva moderado	15%	-	3%	-	2%
	8.-Verde amarillo grisáceo	15%	-	-	6%	6%
	9.-Verde amarillo pálido	-	-	-	-	2%
Color de la vaina	1.-Amarillo	85%	54%	47%	24%	29%
	2.-Amarillo rojizo	-	8%	12%	18%	2%
	3.-Blanco rosado	-	-	21%	18%	4%
	4.-Marrón pálido	15%	38%	21%	24%	65%
	5.-Rojo violáceo fuerte	-	-	-	18%	-
Color primario de Semilla	1.- Rojo grisáceo claro					2%
	2.-Rosa grisáceo					2%
	3.-Marron claro					4%
	4.-Marrón amarillento claro				6%	
	5.-Marrón oliva					2%
	6.-Marrón pálido		15%	6%	12%	4%
	7.-Rojo moderado	15%				
	8.-Rojo oscuro				6%	
	9.-Rojo					2%
	10.-Rojo violáceo fuerte	69%		41%	12%	35%
	11.-Rojo violáceo grisáceo	15%		18%		6%
	12.-Amarillo oliva		8%			
	13.-Amarillo pálido			3%		
	14.-Rosa pálido			9%	6%	10%
	15.-Blanco		77%	3%	6%	2%
	16.-Marrón fuerte					2%
	17.-Amarillo anaranjado fuerte			3%		4%
	18.-Negro			6%	29%	10%
	19.-Gris rosado			9%	24%	14%
	20.-Naranja claro			3%		2%
Color secundario de la semilla	0.-No color	8%	100%	24%	65%	57%
	1.-Marrón rojizo			24%	65%	2%
	2.-Rosa grisáceo	23%				4%
	3.-Amarillo rojizo					2%
	4.-Rojo violáceo fuerte				6%	18%
	5.-Rosa violáceo pálido	31%		9%		2%
	6.-Marrón pálido	8%			12%	
	7.-Amarillo anaranjado fuerte				6%	4%
	8.-Rojo oscuro					2%
	9.-Naranja claro					2%
	10.-Rosa pálido					2%
	11.-Blanco	31%		18%	12%	4%
	12.- Negro			50%		2%

Tabla 23

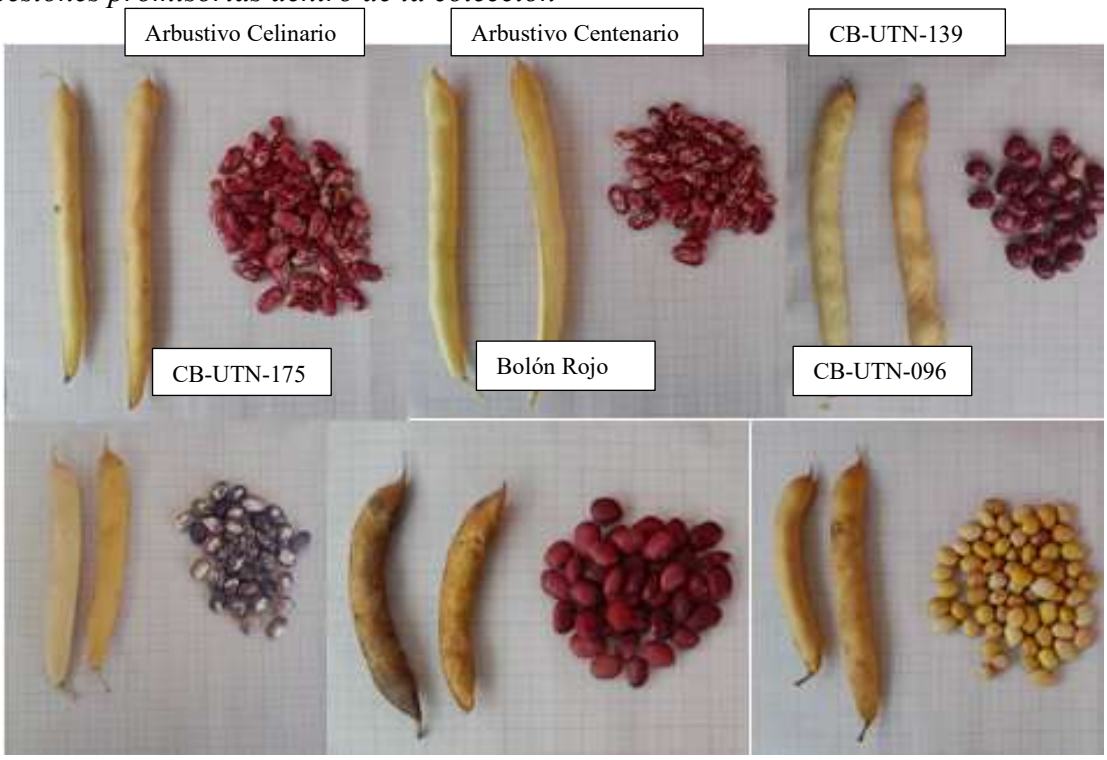
Accesiones del grupo 1 para mejoramiento genético

ACCESIÓN	DC	P100s (g)	RTO (g/p)	%D	#Sem/Vai	HC	CPS
A. Centenario	113	51	27	5	4.10	4	Rojo moderado
Bolón Negro	135	53	6	52	4.20	4	Rojo violáceo fuerte
Bolón Rojo	135	34	7	41	5.10	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-024	135	56	23	22	3.44	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-02A	135	46	21	7	4.90	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-096	135	50	21	8	5.10	4	Rojo violáceo grisáceo
CB-UTN-132A	127	65	21	2	3.90	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-139	121	63	24	11	3.90	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-161	149	50	13	40	5.10	4	Rojo violáceo grisáceo
CB-UTN-166	141	36	11	6	4.10	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-175	135	48	16	6	5.70	4	Rojo violáceo fuerte
V. Celinario	113	63	28	15	4.00	4	Rojo violáceo fuerte
V. Parangachi rojo	107	56	8	3	2.70	4	Rojo moderado

Nota. DC: Días a la cosecha, P100: Peso de 100 semilla, RTO: Rendimiento, g/p: Gramos/Planta, %D: Porcentaje de daño, #S/V: Número de semilla por vaina, HC: Hábito de crecimiento, C.P: color primario de la semilla

Figura 34

Accesiones promisorias dentro de la colección



Dentro del grupo 1 la accesión V. Celinario destaca como uno de los materiales más promisorios, al registrar el mayor rendimiento (28 g), acompañado de un alto peso de 100 semillas (63 g) y un porcentaje de daño moderado (15 %), lo que sugiere un buen potencial productivo con características favorables de grano. De manera similar, A. Centenario presenta un rendimiento elevado (27 g), junto con un peso de semilla considerable (51 g) y bajo porcentaje de daño (5 %), consolidándose como otro genotipo de alto interés.

Por otro lado, la accesión CB-UTN-139 también muestra un comportamiento destacado con un rendimiento de 24 g y un peso de 100 semillas de 63 g, lo que indica un adecuado balance entre productividad y calidad de grano. Asimismo, CB-UTN-024 y CB-UTN-02A presentan rendimientos intermedios (23 y 21 g, respectivamente), con valores aceptables en número de semillas por vaina, lo que las posiciona como materiales potencialmente útiles en programas de selección.

En cuanto a los componentes del rendimiento, Bolón Rojo y CB-UTN-096 sobresalen por su mayor número de semillas por vaina (5.10), mientras que CB-UTN-175 presenta el valor más alto (5.70), lo que podría contribuir significativamente al incremento del rendimiento si se combina con otros caracteres favorables.

En conjunto, los resultados permiten identificar como materiales más promisorios a V. Celinario, A. Centenario y CB-UTN-139, debido a su alto rendimiento y características agronómicas favorables. Mientras que accesiones como CB-UTN-175, Bolón Rojo y CB-UTN-096 pueden ser consideradas como fuentes importantes de genes para mejorar componentes específicos del rendimiento, como el número de semillas por vaina. Esto sugiere que la combinación de estos materiales en programas de mejoramiento podría contribuir al desarrollo de cultivares con mayor productividad, calidad de grano y adaptación agronómica.

4.10.2. Grupo 2

En la tabla 24 se puede establecer una diferenciación clara entre las accesiones en función de su desempeño productivo, componentes del rendimiento y tolerancia a daño, lo que permite identificar materiales con potencial agronómico destacado.

Tabla 24

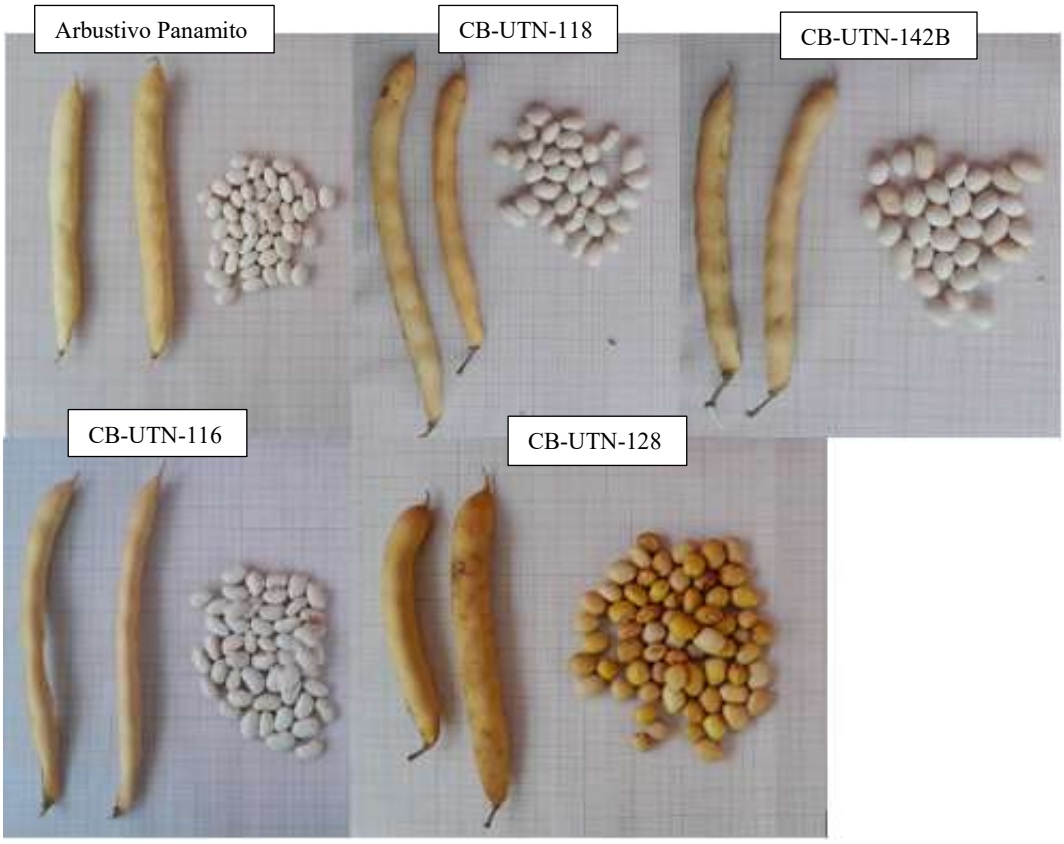
Accesión del grupo 2 para mejoramiento genético

ACCESIÓN	DC	P100s (g)	RTO (g/p)	%D	#Sem/Vai	HC	CPS
A. Panamito	113	24	25	5	4.10	4	Blanco
Blanco Leche	100	42	18	3	4.60	3	Blanco
CB-UTN-008	116	22	12	9	4.20	2	Blanco
CB-UTN-061	157	43	11	45	6.00	4	Blanco
CB-UTN-113B	140	42	7	60	4.20	4	Marrón pálido
CB-UTN-116	141	42	20	27	6.70	4	Blanco
CB-UTN-118	141	40	25	16	4.90	4	Blanco
CB-UTN-119	107	20	41	15	5.20	4	Blanco
CB-UTN-121	135	36	9	31	6.20	2	Blanco
CB-UTN-128	149	51	12	40	6.00	4	Amarillo oliva
CB-UTN-142B	135	46	24	9	6.10	4	Blanco
CB-UTN-35A	140	49	17	36	4.80	4	Marrón pálido
CB-UTN-92B	141	38	6	40	6.40	4	Blanco

Nota. DC: Días a la cosecha, P100: Peso de 100 semilla, RTO: Rendimiento, g/p: Gramos/Planta, %D: Porcentaje de daño, #S/V: Número de semilla por vaina, HC: Hábito de crecimiento, C.P: color primario de la semilla

Figura 35

Materiales promisorios identificados dentro del grupo 2



En términos de rendimiento (RTO), las accesiones A. Panamito y CB-UTN-118 sobresalen con valores de 25 g, seguidas de CB-UTN-142B (24 g) y CB-UTN-116 (20 g), evidenciando un grupo de genotipos con mayor eficiencia en la producción de granos. Estas accesiones combinan, en general, valores adecuados de número de semillas por vaina, lo que contribuye directamente a su desempeño productivo.

En relación con el peso de 100 semillas (P100), destacan CB-UTN-128 (51 g), CB-UTN-35A (49 g) y CB-UTN-142B (46 g), lo que indica un mayor tamaño de grano, atributo importante para la aceptación comercial. Sin embargo, no todos estos materiales presentan altos rendimientos, lo que sugiere que este carácter no siempre está directamente asociado con la productividad total.

Respecto al número de semillas por vaina, accesiones como CB-UTN-116 (6.70), CB-UTN-92B (6.40), CB-UTN-121 (6.20) y CB-UTN-142B (6.10) presentan los valores más altos, lo que las posiciona como materiales con alto potencial en uno de los principales componentes del rendimiento.

Considerando de manera integral estos parámetros, A. Panamito, CB-UTN-118 y CB-UTN-142B se perfilan como los materiales más promisorios al combinar buen rendimiento, valores adecuados en componentes productivos y niveles relativamente bajos o moderados de daño. Por otro lado, accesiones como CB-UTN-116 y CB-UTN-92B pueden ser aprovechadas como fuentes genéticas para mejorar el número de semillas por vaina, mientras que CB-UTN-128 destaca como potencial donador para incrementar el tamaño de grano.

En conjunto, la variabilidad observada sugiere que la selección estratégica e hibridación entre estos materiales permitiría obtener genotipos con un mejor balance entre rendimiento, calidad de semilla y tolerancia a factores adversos.

4.10.3. Grupo 3

En el grupo 3 se observa una amplia variabilidad fenotípica y productiva, lo que permite identificar materiales con alto potencial, especialmente al considerar de forma conjunta el rendimiento, sus componentes y la sanidad. Sin embargo, la combinación de rendimiento, el tamaño de semilla y la tolerancia permitirá, con la obtención de genotípicos más eficientes y adaptados, optimizar la productividad con la calidad de la semilla en futuros programas de mejoramiento (Tabla 25).

Tabla 25

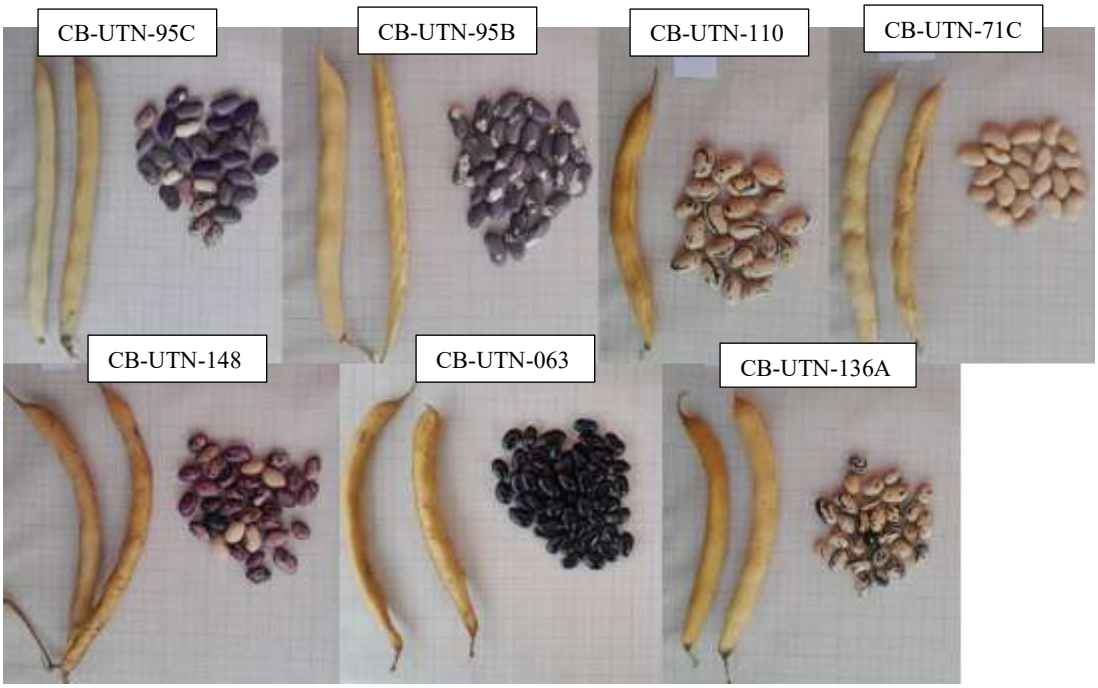
Accesiones del grupo 3 para la selección de materiales promisorios

ACCESIÓN	DC	P100s (g)	RTO (g/p)	%D	#Sem/Vai	HC	CPS
CB-UTN-003	149	51	26	16	4.70	4	Marrón pálido
CB-UTN-018	149	47	37	5	6.30	4	Rosa pálido
CB-UTN-022	127	49	26	7	4.40	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-034	109	36	18	43	3.80	4	Amarillo pálido
CB-UTN-040	135	47	25	14	4.20	4	Rosa pálido
CB-UTN-045	127	54	31	6	4.50	4	Rojo violáceo grisáceo
CB-UTN-063	149	35	9	39	6.00	4	Negro
CB-UTN-074	141	26	14	9	4.40	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-080	135	31	21	5	5.40	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-081	157	42	5	55	4.22	4	Marrón pálido
CB-UTN-084	135	46	24	8	4.50	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-090	127	48	30	6	4.90	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-109	127	47	27	5	5.50	4	Rojo violáceo grisáceo
CB-UTN-110	135	46	45	3	5.10	4	Gris rosado
CB-UTN-122	140	36	3	49	4.10	4	Amarillo anaranjado fuerte
CB-UTN-133B	149	46	6	53	2.86	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-134A	141	39	7	19	4.78	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-136A	149	38	31	6	5.60	4	Rosa pálido
CB-UTN-137	149	42	13	39	5.90	4	Naranja claro
CB-UTN-146	135	42	17	11	5.30	4	Rojo violáceo grisáceo
CB-UTN-148	149	70	26	5	5.40	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-152	141	52	16	9	3.60	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-169	104	36	8	41	5.60	4	Rojo violáceo grisáceo
CB-UTN-170	149	45	16	7	4.60	4	Rojo violáceo grisáceo
CB-UTN-174	135	56	7	67	4.30	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-35C	135	82	21	36	5.10	4	Gris rosado
CB-UTN-71C	141	78	19	32	3.30	4	Gris rosado
CB-UTN-72B	135	41	12	8	5.20	4	Rojo violáceo grisáceo
CB-UTN-78C	149	47	10	36	4.50	4	Blanco
CB-UTN-95B	127	52	47	2	4.90	4	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-95C	135	55	49	4	3.60	4	Rojo violáceo fuerte
F. Matambre	135	31	8	9	4.80	4	Rojo violáceo fuerte

Nota. DC: Días a la cosecha, P100: Peso de 100 semilla, RTO: Rendimiento, g/p: Gramos/Planta, %D: Porcentaje de daño, #S/V: Número de semilla por vaina, HC: Hábito de crecimiento, C.P: color primario de la semilla.

Figura 36

Materiales identificados dentro de la colección de fréjol



En términos de rendimiento (RTO), destacan claramente las accesiones CB-UTN-110 (45 g), CB-UTN-95C (49 g) y CB-UTN-95B (47 g), las cuales representan los valores más altos dentro del conjunto evaluado. Estas accesiones evidencian un desempeño superior, lo que las posiciona como candidatas prioritarias para selección directa o como progenitores en cruzamientos. Sin embargo, variables como el peso de 100 semillas (P100), sobresalen CB-UTN-71C (78 g), CB-UTN-148 (70 g) y CB-UTN-045 (54 g), lo que indica un mayor tamaño de la semilla. Este atributo es clave para mercados que demandan semillas de mayor calibre; sin embargo, no siempre coincide con los mayores rendimientos, lo que sugiere la necesidad de combinar este carácter con otros componentes productivos.

En cuanto al número de semillas por vaina, accesiones como CB-UTN-063 (6.00), CB-UTN-169 (5.60), CB-UTN-136A (5.60) y CB-UTN-080 (5.40) presentan valores elevados, lo que contribuye positivamente al rendimiento. Este carácter resulta estratégico en la selección indirecta de materiales más productivos. Respecto al porcentaje de daño (%D), se identifican accesiones con menor afectación como CB-UTN-95B (2%), CB-UTN-110 (3%), CB-UTN-022 (7%) y CB-UTN-152 (9%), lo que indica una posible mayor tolerancia o adaptación. En contraste, materiales como CB-UTN-174 (67%), CB-UTN-081 (55%) y CB-UTN-122 (49%) presentan alta susceptibilidad, limitando su uso en condiciones de campo sin manejo intensivo.

Considerando integralmente estos parámetros, se pueden identificar como materiales promisorios a CB-UTN-95C, CB-UTN-95B y CB-UTN-110, debido a su alto rendimiento combinado con niveles relativamente bajos de daño. Asimismo, accesiones como CB-UTN-148 y CB-UTN-71C destacan como fuentes potenciales para mejorar el tamaño de semilla, mientras que CB-UTN-063 y CB-UTN-136A pueden ser útiles para incrementar el número de semillas por vaina (Figura 36).

4.10.4. Grupo 4

El grupo 4 ha mostrado características deseables como la precocidad y rendimiento destacado en varias de las accesiones evaluadas, presentando valores sobresalientes dentro de estas características. Aunque no todas las accesiones del grupo alcanzaron los mejores valores en todos los aspectos, se seleccionaron aquellas que demostraron un desempeño notable y que podrían contribuir significativamente a los programas de mejoramiento genético. Las accesiones mencionadas a continuación fueron destacadas debido a sus características favorables (Tabla 26).

Tabla 26

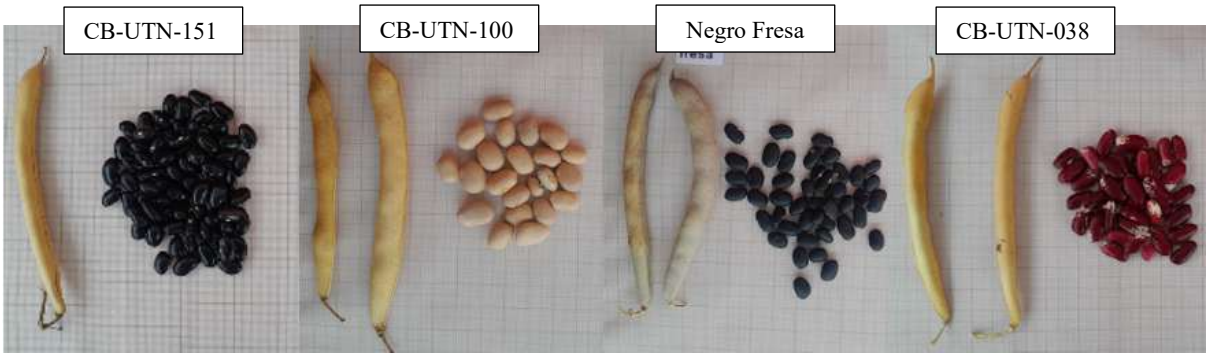
Selección de materiales promisorios dentro de la colección de fréjol conservadas

ACCESIÓN	DC	P100s (g)	RTO (g/p)	%D	Num_Sem/Vain	HC	CPS
CB-UTN-009	157	41	7	36	4.80	4	Marrón pálido
CB-UTN-027	157	43	14	37	4.90	4	Marrón pálido
CB-UTN-038	104	46	11	1	5.50	1	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-094	149	68	14	40	4.33	4	Gris rosado
CB-UTN-100	135	62	28	8	4.80	4	Gris rosado
CB-UTN-114	135	38	23	9	5.90	4	Marrón amarillento claro
CB-UTN-138	141	41	29	9	5.00	4	Gris rosado
CB-UTN-151	116	21	49	9	6.30	3	Negro
CB-UTN-159	116	16	38	4	5.80	2	Negro
CB-UTN-176	104	36	21	5	4.10	1	Rojo violáceo fuerte
CB-UTN-78B	107	52	23	18	4.10	2	Rosa pálido
CB-UTN-92A	135	40	17	37	6.70	4	Blanco
Fréjol Blanco	190	93	7	39	3.50	4	Gris rosado
Fréjol Negro	107	23	21	1	5.60	2	Negro
Negro Fresa	116	22	35	2	5.70	3	Negro
V. Afroandino	113	19	22	1	4.80	2	Negro
V. Capulí	116	45	15	6	4.10	2	Rojo oscuro

Nota. DC: Días a la cosecha, P100: Peso de 100 semilla, RTO: Rendimiento, g/p: Gramos/Planta, %D: Porcentaje de daño, #S/V: Número de semilla por vaina, HC: Hábito de crecimiento, C.P: color primario de la semilla

Figura 37

Materiales promisorio identificados dentro de la colección de fréjol



Entre las accesiones evaluadas, CB-UTN-151 destacó por presentar el mayor rendimiento y número de semillas por vaina, posicionándose como un material con alto potencial productivo. Asimismo, accesiones como CB-UTN-100 y Negro Fresa mostraron un comportamiento equilibrado entre rendimiento y características de semilla, lo que las hace adecuadas para procesos de selección. Por otro lado, materiales como CB-UTN-038 evidenciaron precocidad y bajo porcentaje de daño, atributos importantes para la adaptación a condiciones ambientales adversas (Figura 37).

Los resultados obtenidos permiten identificar genotipos con características favorables que pueden ser incorporados en programas de mejoramiento genético, ya sea, para incrementar el rendimiento, mejorar la calidad de semilla o desarrollar materiales más adaptados a diferentes condiciones agroecológicas

4.10.5. Grupo 5

Se registró que las 51 accesiones del grupo 5 presentan un comportamiento fenológico tardío, evidenciado por un mayor número de días a la floración, envainado y madurez de cosecha. Este grupo, además, presenta también menores niveles de rendimiento por planta, lo que indica una menor eficiencia productiva en comparación con otros conglomerados evaluados.

No obstante, a pesar de su limitada productividad, las accesiones de este grupo poseen un alto valor estratégico dentro de los programas de mejoramiento genético. Su ciclo prolongado puede estar asociado a características como una mayor acumulación de biomasa, adaptación a condiciones específicas o la presencia de genes relacionados con tolerancia a factores bióticos y abióticos.

En este sentido, el grupo 5 no debe ser descartado, sino considerado como una fuente importante de variabilidad genética, especialmente útil en esquemas de cruzamiento orientados a introducir genes de adaptación o ampliar la base genética. La incorporación de estos materiales en programas de mejoramiento permitiría combinar su rusticidad y adaptabilidad con genotipos más precoces y productivos, contribuyendo al desarrollo de nuevas variedades con un mejor equilibrio entre rendimiento y estabilidad agronómica.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La evaluación de la colección de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) conservada en el Centro de Bioconocimiento La Pradera permitió determinar que es estadísticamente significativa, ya que, presenta variabilidad morfoagronómica dentro de las 128 accesiones analizadas. Sin embrago en el análisis de multivariado permitió agrupar las accesiones en cinco grupos con características similares. Además, en el análisis de Componentes Principales demostró que el 57% de esta diversidad fenotípica total se encuentra explicada por los dos primeros componentes, donde las variables cronológicas y de desarrollo vegetativo predominaron el primer eje, mientras que las variables de productividad se encuentran en el segundo componente.

El 13 % de las accesiones evaluadas cuentan con un potencial agronómico que son correspondientes al grupo 4 (17 accesiones), esto debido a su precocidad y rendimiento, además dentro de este grupo el hábito de crecimiento que más prevalece es el tipo IV con 47 % siendo materiales con habito de crecimiento trepador indeterminado dentro de los materiales del grupo 4, seguido por el tipo II con 29 % correspondientes a arbustivo indeterminado.

Dentro del grupo seleccionado, las accesiones como CB-UTN-151 y CB-UTN-159 representan materiales con mayor rendimiento con 49 g y 38 g por planta, respectivamente, y días intermedios de 116 días con granos de color negro óptimos para el mercado local. De igual manera, la variedad Negro Fresa demostró una notable rusticidad con un rendimiento de 35 g por planta, y el Fréjol Blanco se perfiló como una alternativa tardía de alto valor comercial al reportar el mayor peso de semilla con 93 gramos por cada 100 granos.

Las semillas que tienen mayor demanda dentro del mercado en cuanto a su color son: el rojo, negro, blanco y crema, sin embargo, en las 128 accesiones 12 de ella presentaron colores poco comunes entre ellos el morado, café, verde y amarillo.

5.2 RECOMENDACIONES

Hacer uso del catálogo, presentar a los agricultores u organización para que puedan observar la diversidad de materiales presentes dentro del Centro de Biocomocimiento de la granja La Pradera y puedan adquirir estos materiales a través de intercambios de semillas.

Realizar estudios con las accesiones promisorias las cuales se encuentran dentro del grupo 4 de la presente investigación en diferentes zonas del país para determinar el rendimiento y la adaptabilidad a condiciones edafoclimáticas con el objetivo de potencializar los materiales permitiendo así fortalecer la seguridad y soberanía alimentaria del país.

Fortalecer el manejo y conservación ex situ e in situ de las semillas del banco de germoplasma mediante procesos de limpieza, selección, secado y almacenamiento en condiciones controladas de temperatura y humedad, que permitan mantener la diversidad genética de los materiales, promoviendo la regeneración y participación de agricultores locales para conservación de variedades tradicionales, con el objetivo evitar la erosión genética de estos materiales.

REFERENCIAS

Atilio, C., y Reyes, C. (2008). *Guía técnica para el manejo de variedades de frijol*. CENTA-MAG.

Arias, J., Rengifo, T., y Jaramillo, M. (2007). Manual técnico de buenas prácticas agrícolas en la producción de fréjol voluble. Medellín, Colombia.

Ávila, M., Ávila, J., Rivas, F., Martínez, D. (2014). *El cultivo del frijol Sistemas de producción en el noroeste de México*. [Trabajo de grado, Universidad De Sonora División De Ciencias Biológicas Y De La Salud Departamento De Agricultura Y Ganadería]. https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRIJOL.pdf?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR3fssqZBarDTHPnkQN7tfEaem9aqVUawP31RMAwJwMExULGBqsG6z0Ind8_aem_AS2rEdS2Q0yZacek4ZDI8m_P2RSMPg7QhHMjeSk5Aoa5qi3sgSRpKi7LOV0gR2vHkcwgVKbOsURgmlvX5LwtlkJN

Barrios-Gómez, Edwin J., & López-Castañeda, Cándido. (2009). Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. *Agrociencia*, *43*(1), 29-35. Recuperado en 17 de noviembre de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000100004&lng=es&tlng=es.

Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual Frijol. https://bibliotecadigital.ccb.org.co/server/api/core/bitstreams/ac591d61-d1e8-4366-9c9f-3ab220cc7f48/content*

Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. (2018). *Guía técnica del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador. Recuperado de. https://www.centa.gob.sv/download/guia-tecnica-cultivo-de-frijol/?utm

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1984). Morfología de la planta de fríjol común; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido Científico: Debouck, Daniel G.; Hidalgo Rigoberto. Producción: Ospina O., Héctor F.; Flor M., Carlos A. Cali, Colombia. CIAT. 56 p. (Serie 04SB-09 .01).

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. (1985). *Frijol Investigación y producción. Cali Colombia.*

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. (1986). *Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris* L.*)*. Cali Colombia

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. (1993). *Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris* L.*).* Cali Colombia

Cornelio, M. (2015). "ADAPTABILIDAD DE CINCO VARIEDADES DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris), EN LA FINCA ANGAMARCA LA VIEJA DEL CANTÓN PANGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI AÑO 2013. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositotio UTC https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0e69cc13-3f54-4e96-be8f-2412edb50a72/content

Cruz, C. D., Regazzi, A. J., & Carneiro, P. C. S. (2012). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Editora UFV.

Di Masso, RJ., Pippa C., Silva, OS y Font, MT. (2010) Componentes principales como fenotipos de sistemas biológicos complejos. Relación musculo-hueso en el ratón (Mus musculus). BAG, J Basic Appl. Genet.; 21, 1852-1857.

Díaz, M. (2021). *Evaluación agronómica de fréjol (Phaseolus vulgaris* L.*) mixturiado bajo un sistema agroecológico en la granja experimental, La Pradera*. [Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio UTN https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11526/2/03%20AGP%20297%20TRABAJO%20GRADO.pdf

Dumas, F. (2022). *Información nutricional y actividad biológica del frijol (Phaseolus vulgarisn L.).* [Trabajo de Grado, Universidad Técnica de Ambato] https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34927/1/AL%20818.pdf

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.

Gómez, K. A., & Gómez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

https://openlibrary.org/books/OL3172319M/Statistical_procedures_for_agricultural_research

Gómez, D., Villagrán E., Gómez, K., Pedraza, R., Santo, A., Ureña, D., Numa, S., Gómez, Y. (2022). *Aspectos generales del cultivo de fríjol en Cundinamarca*. Colección Alianzas Agrosavia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; AGROSAVIA.

Ibarra P., y Gastelum, R., F. (2008). Rendimiento y características morfológicas relacionadas con tipo de planta erecta en frijol para riego. Fitotecnia Mexicana, 31(3), 203-211.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), (2022). Estadísticas agropecuarias. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2006). Informe anual 2005. Programa nacional de leguminosas y granos andinos. Estación experimental Santa Catalina. pp. 53, 56.

Kameyi-[Wak], M., Hanada, k., Honda., y Tochihara, H. (1988). A watermelon strain of tomato spotted with virus and some properties of its nucleocapsid. Abastrac. In Fith International Congre of Plant Pathology.

Leal, C. (2016). EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE GERMINACIÓN Y VIGOR DE SEMILLAS DE CULTIVARES DE FRÉJOL [Tesis de grado, Universidad Técnica estatal de Quevedo] https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ee15a1f7-fa9c-4e4b-8096-91f8d608c631/content

Liu, C., Yang, X., Yan, Z., Liu, D., & Feng, G. (2022). *Identification and characterization of a mutant PV-PUR gene responsible for the purple phenotype of snap bean (Phaseolus vulgaris L.)*. International Journal of Molecular Sciences, 23(3), 1265. https://doi.org/10.3390/ijms23031265

Maldonado, S. (2022). *El comportamiento de la producción de fréjol en el Ecuador.* [Trabajo de grado, Universidad Técnica de Ambato] https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36185/1/T5557e.pdf

Maqueira, L., Roján, O., Solano, J., Milagros, I. (2021). Germinación de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a diferentes temperaturas. *Instituto Nacional de ciencias Agricolas.*42 (2)

Mateo, B. (1961). Leguminosas de grano. Barcelona – España. Salvat Editores. p. 321-350.

McCouch, S., Baute, G., y Zamir, D. (2013). Alimentando el futuro. *Naturaleza, 23-24*

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (MAG, 2024). *Boletín situacional de fréjol*. Recuperado de: https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-agricolas/situacional-frejol

Morales-Santos, Martha E., Peña-Valdivia, Cecilia B., García-Esteva, Antonio, Aguilar-Benítez, Gisela, & Kohashi-Shibata, Josué. (2017*).* Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociencia, 51(1), 43-62.* Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000100043&lng=es&tlng=es.

Morales-Morales, A. E., Andueza-Noh, R. H., Márquez-Quiroz, C., Benavides-Mendoza, A., Tun-Suárez, J. M., González-Moreno, A., & Alvarado-López, C. J. (2019). *Caracterización morfológica de semillas de frijol caupí (Vigna unguiculata L. Walp) de la Península de Yucatán*. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 6(18), 463–475. https://doi.org/10.19136/era.a6n18.2171

Moya, C., Mesa, M., Vizcaino, M., León, M y Guevara, S. (2019). Comparación de seis variedades de frijol en el rendimiento y sus componentes en Chaltura, Imbabura, Ecuador. *Cultivos tropicales. 40* (4). https://www.redalyc.org/journal/1932/193263189001/html/?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR01Ta2EeqiFKhGHyaKBpthjWv2hwxKVJEbZcNYZXfitZJtPsKxTUJr1WWQ_aem_AS1BBFqyhi-tCeo0uO5PMcxfi-KvrCj_TzTsrqEMYw9mblOr3YH2gny7FW3IrVT_7EQzBMywen0sa5pnoeAg606O

Navarrete, E., Quishpe, D., Sánchez, A., Reyes, M., González, B., Torres, A. y Haro, A. (2013). Caracterización de la producción de fréjol en la provincia de Cotopaxi, Ecuador. *Ciencia y Tecnología 6(1), 23-31.*

Organización de las Naciones Unidas. (FAO, 2019). *The state of the world's biodiversity issn 2412-5474 for food and agriculture.* Roma. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/50b79369-9249-4486-ac07-9098d07df60a/content

Peralta, E., Mazón, N., Minchala, L., Guamán M. (2013). Fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) y arveja (*Pisum sativum* L.) en las provincias de Cañar, Azuay y Loja: cultivo, variedades y costos de producción. Publicación Miscelanéa No. 413. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina y Estación Experimental del Austro. INIAP.Quito/Gualaceo, Ecuador. 72 p.

Pucuji, J. (2016). *Evaluación del manejo agronómico y reacción a enfermedades de variedades mezcla de fréjol (Phaseolus vulgaris* L.*) allphas y chacras de Cotacachi* [Trabajo de grado, Universidad Central del Ecuador] https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1c620708-bf63-4a05-8bff-fe0a6ea64f2f/content?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR1_j1KoqOiJ6cZ35cf4XFx9_MwtCUkCfAJDh1wEP06XDezF0g7YT9s3Mcg_aem_AS1LiPP1kMg6aEdPhmCq6x8EqN_TfN0AEclCXoQrCZO0BAM2JVPSVy7XqwFcyckuYfCDyPLGiiyTrgXXPZYb0Ma7

Rosas, J (985). El cultivo de frijol común en América tropical Zamora, Honduras. Zamora Academic Press. 9 (52). https://bdigital.zamorano.edu/items/f00d71f9-ec0a-4dfd-a1d1-84eb6d1330e3?utm

Santillán Picuasi, T. S. (2020). *Evaluación del control del lorito verde (Empoasca fabae L.), con el uso de extractos de higuerilla (Ricinus communis L.) en el cultivo del fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.) en la granja experimental "La Pradera"* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8122?mode=full

Secretaria de agricultura y desarrollo rural (2020Frijol, historia y sabor. *Gobierno de México*. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/frijol-historia-y-sabor#:~:text=Hallazgos%20confirman%20que%20el%20frijol,b%C3%A1sica%20de%20las%20culturas%20ind%C3%ADgenas.

Sinkovič, L., Pipan, B., Sinkovič, E., & Meglič, V. (2019). *Morphological seed characterization of common (Phaseolus vulgaris L.) and runner (Phaseolus coccineus L.) bean germplasm: A Slovenian gene bank example*. *BioMed Research International*, 2019, Article 6376948. https://doi.org/10.1155/2019/6376948

Tabango, E. (2021). *Caracterización de variedades nativas de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) procedentes del Banco de INIAP, en el cantón Cotacachi provincia de Imbabura*. [Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte] Repositorio Institucional. https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11168/2/03%20AGP%20291%20TRABAJO%20GRADO.pdf

Torres, E., Quispe, D., Sanchez, A., Reyes, M., Gonzales, B., Torres, A., Cedeño, A., Haro, A. (*2013*). Caracterización de la producción de frijol en la provincia de Cotopaxi ecuador: caso comuna panyatug. *Ciencia y Tecnología, 6* (1), 23-31. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4737551

Ulcungo, R. (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, Universidad Técnica del Norte] https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8122/1/03%20AGP%20232%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf

Valladares, C. (2010). *Taxonomía y botánica de los cultivos de grano*. Universidad Nacional Autónoma de Honduras Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (Curla) Departamento de Producción Vegetal. https://curlacavunah.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/04/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf

Varela, A., Rueda, M., y Munévar, F. (2010). Ciencia del Suelo. Burbano O y Silva M. (Edits.) Bogota, Colombia.

Vargas, A., Watler, W., Morales, M.., y Vignola, R. (2018). *CULTIVO DE FRIJOL Como parte del estudio de prácticas efectivas para la adaptación de cultivos prioritarios para seguros en Costa Rica*. Programa de Bosques, Biodiversidad y Cambio Climático, CATIE. https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8160.pdf

Vargas Tupiza, L. F., & Ponce Vaca, L. A. (2018). *Identificación de las principales plagas y enfermedades del fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en la parroquia de San Blas, cantón Urcuquí* (Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte)

Voysest, O. (2000). Mejoramiento Genético del Fríjol (Phaseolus vulgaris). Legado de Variedades de América Latina 1930 – 1999. CIAT. No. 321. Cali, Colombia. (Publicación Nº 321).

Zepeda, I. (2018). MANEJO SUSTENTABLE DE PLAGAS AGRÍCOLAS EN MÉXICO. *Agricultura, sociedad y desarrollo.* 15(1), 99-108. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-54722018000100099&script=sci_abstract