

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA

PROYECTO DE TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y
AGRONÓMICA DE 110 ACCESIONES DE FRIJOL
(*Phaseolus vulgaris* L) DE LA REGIÓN AMAZONAS

Autor: José Luis Huanambal Gálvez

Asesor: MSc. Flavio Lozano Isla

Registro:

CHACHAPOYAS - PERÚ

2025

1. Título

Caracterización morfológica y agronómica de 110 accesiones de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) de la región amazonas

2. Problema de la investigación

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L) es un cultivo fundamental para la seguridad alimentaria, al ser una fuente clave de proteínas, especialmente en poblaciones con limitado acceso a proteínas de origen animal (Blanco & Leyva, 2013). En regiones como África y América Latina, donde las dietas de agricultores de subsistencia dependen de cereales ricos en carbohidratos pero deficitarios en proteínas, el frijol constituye un competente nutricional crítico (Broughton et al., 2003). Sin embargo, a pesar de su importancia, persiste un conocimiento limitado sobre la diversidad morfoagronómica de muchas accesiones conservadas en bancos de germoplasma, lo que dificulta su aprovechamiento en programas de mejoramiento genético y de conservación.

La diversidad genética del frijol se ha visto drásticamente reducida por procesos evolutivos como el “cuello de botella de la domesticación”, donde la selección artificial de rasgos específicos y el efecto fundador disminuyeron significativamente la variabilidad genética en comparación con sus ancestros silvestres (Hernández-López et al., 2013). Esta situación se ha agravado porque los programas convencionales de mejoramiento genético han priorizado principalmente características como la resistencia a enfermedades y la uniformidad agronómica, marginando progresivamente las variedades locales y reduciendo aún más su base genética disponible.

(Carneiro et al., 1997; Blair et al., 2010) Actualmente, esta erosión genética se ha acelerado debido a múltiples factores, entre los que destacan: la modernización agrícola que promueve el monocultivo de variedades comerciales homogéneas; el abandono de tierras tradicionales causado por la migración rural o la sustitución por cultivos más rentables; y los crecientes impactos del cambio climático sobre los sistemas de producción tradicionales (Salazar et al., 2021). En este contexto crítico, la caracterización morfoagronómica sistemática de accesiones locales se presenta como una herramienta científica esencial para identificar y valorar recursos genéticos con potencial para mejorar tanto la resiliencia como la productividad del cultivo. No obstante, en regiones particularmente biodiversas como Amazonas donde numerosas accesiones tradicionales

se encuentran en grave riesgo de desaparición los estudios exhaustivos sobre su diversidad fenotípica y agronómica resultan notablemente escasos. Esta importante brecha de conocimiento motiva la presente investigación, que busca responder a la siguiente pregunta central:

¿Cuál es el grado de diversidad morfológica y agronómica presente en 110 accesiones de frijol (*Phaseolus vulgaris*) conservadas en la región Amazonas?

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

- Caracterizar la diversidad morfológica y agronómica de 110 accesiones de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en el distrito de Molinopampa, región Amazonas, e identificar materiales promisorios para programas de mejoramiento genético que contribuyan a la conservación y uso sostenible de este recurso fitogenético.

3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar morfológica y agronómicamente las 110 accesiones de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) mediante descriptores estandarizados, para establecer su variabilidad fenotípica.
- Evaluar la diversidad genética mediante análisis de componentes principales (PCA) y análisis clúster y estimar el índice de Shannon (H').
- Identificar accesiones con atributos agronómicos destacados que presenten potencial para ser utilizadas en programas de mejoramiento genético del frijol en condiciones similares a las de la región de estudio.

4. Antecedentes de la investigación

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L), conocido también como “poroto” en algunos países de América Latina, es una planta angiosperma dicotiledónea que pertenece a la familia Fabaceae (Brambilla et al., 2022). Su origen se sitúa en Mesoamérica y posteriormente se domesticó entre dos regiones principales: Mesoamérica (México y Centroamérica) y los Andes (Sudamérica), , entre los años 5000 y 2000 a.C. (Hernández-López et al., 2013).

El frijol común comprende dos acervos genéticos, uno Mesoamericano y otro Andino, los cuales presentan variaciones notables en sus características morfológicas, genéticas y en la diversidad de genes, tanto en poblaciones silvestres como en variedades cultivadas (Ron et al., 2016). La mayor diversidad del germoplasma Mesoamericano se fundamenta en sus mayores proporciones del componente de varianza interpoblacional y diferenciación genética en el germoplasma domesticado (Beebe et al., 2001). El hábito de crecimiento del frijol silvestre in situ comúnmente es indeterminado trepador, y para el domesticado puede ser de crecimiento indeterminado trepador o también determinado (Cruz et al., 2018).

Los frijoles se encuentran entre las leguminosas más ampliamente consumidas en todo el mundo, gracias a que este se destaca a su elevado valor nutritivo, destacando especialmente por su contenido en proteínas y minerales (Chacón-Ordóñez et al., 2024). Su diversidad genética, manifestada en variaciones morfoagronómicas como la forma de la planta, el color del grano, tipo de crecimiento y entre otros caracteres morfológicos y también gracias a la resistencia a plagas y la adaptación climática, ha sido fundamental para su supervivencia en distintos ambientes (Chávez-Servia et al., 2016). Además, presenta características relevantes que permiten analizar de manera detallada el proceso de domesticación y diversidad (Kwak & Gepts, 2009). Sin embargo, la diversidad de este cultivo ha sido puesta en riesgo por diversos factores, tales como la uniformización agrícola y los efectos del cambio climático y el remplazo de variedades locales por variedades comerciales (Bellón et al., 2011).

Múltiples investigaciones han abordado la variabilidad genética de accesiones de frejol en diferentes regiones, utilizando herramientas morfológicas, bioquímicas y moleculares, las cuales son de gran utilidad en los programas de conservación y mejoramiento. Estudios como el de Schllemer dos Santos et al. (2024) donde caracterizaron morfológica y molecular de cuarenta genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), que incluían 31 variedades locales y nueve cultivares comerciales. Los descriptores morfológicos se evaluaron en diferentes etapas: plántula, floración, maduración fisiológica y postcosecha, a través del análisis de la disimilitud genética, se identificaron tres grupos utilizando el criterio de verosimilitud y cinco grupos mediante el método UPGMA, lo que evidencia una notable diversidad genética entre los genotipos.

Uzar y Kurtar, (2023) investigaron las características morfológicas y agronómicas de 96 líneas de mejoramiento de frijol, conformadas por 51 de hábito arbustivo y 45 de crecimiento trepador, determinándose atributos relacionados con las plantas, hojas, flores y vainas, las cuales fueron analizadas mediante un análisis de agrupamiento, las líneas de frijol arbustivo y trepador fueron clasificadas en subgrupos en función de sus características morfológicas, evidenciándose variaciones significativas entre ellas, lo que sugiere la existencia de un acervo genético amplio y diverso disponible. Otro estudio realizado en México donde se evaluó características morfométricas y agronómicas de variedades nativas de frijol en México, evidenciando una notable diversidad en atributos cualitativos y cuantitativos, lo que refleja su adaptación a diversas condiciones edafoclimáticas, aportando información valiosa para el mejoramiento genético y la seguridad alimentaria (Rosario-Arellano et al., 2024).

Catarcione et al. (2023) estudiaron 114 accesiones pertenecientes a 66 accesiones locales de frijol en la región del Lacio en Italia, utilizando análisis morfológicos, bioquímicos y moleculares; también se evaluó la presencia de hibridación entre los acervos genéticos andino y mesoamericano, encontrando una alta diversidad genética, con un predominio del acervo andino en el 77 % de las muestras y un 12 % de híbridos, este análisis de conglomerados permitió identificar tres grupos principales, y se evidenció variabilidad genética en el 49 % de las accesiones locales examinadas, lo que resalta la importancia de una caracterización morfoagronómica para identificar la diversidad genética que puede contar cada región.

Vásquez García. (2024) caracterizaron 58 accesiones de frijol conservadas en el banco de germoplasma del Instituto Nacional de Innovación Agraria del Perú, empleando 24 descriptores cuantitativos y 18 cualitativos, este análisis permitió clasificar las accesiones en cuatro grupos según sus características, destacando el segundo grupo por su alta productividad (2777.86 kg/ha), presencia de semillas blancas, germinación epigea temprana en 10 días, hojas ovado a lanceoladas, crecimiento indeterminado con una altura promedio de 174.79 cm, floración prolongada de 33.86 días y producción de un mayor número de vainas, alcanzando un promedio de 66.71 por planta hasta la madurez fisiológica.

A pesar de los avances en la caracterización morfoagronómica del frijol, aún se desconocen los patrones de su diversidad en el Perú. Este vacío de información limita el

aprovechamiento de estas accesiones en programas de mejoramiento y conservación. Por ello, el presente estudio busca caracterizar 110 accesiones de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en Amazonas, a través de la caracterización morfológica y agronómica. Los resultados contribuirán a llenar este vacío y proporcionarán información valiosa para identificar genotipos con potencial adaptativo y productivo como también para la conservación y el mejoramiento genético del cultivo.

5. Hipótesis

Las 110 accesiones de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) evaluadas en el distrito de Molinopampa, Amazonas, presentan una variabilidad morfoagronómica significativa, determinada por diferencias en caracteres cuantitativos y cualitativos.

6. Metodología

Ubicación y área de estudio

El presente estudio se llevará a cabo en el distrito de Molinopampa de la región Amazonas, con coordenadas geográficas 6°12'32"S 77°40'08"O y una altitud de 2400 m.s.n.m Este lugar ha sido seleccionado debido a sus condiciones agroecológicas favorables para el cultivo de frijol.

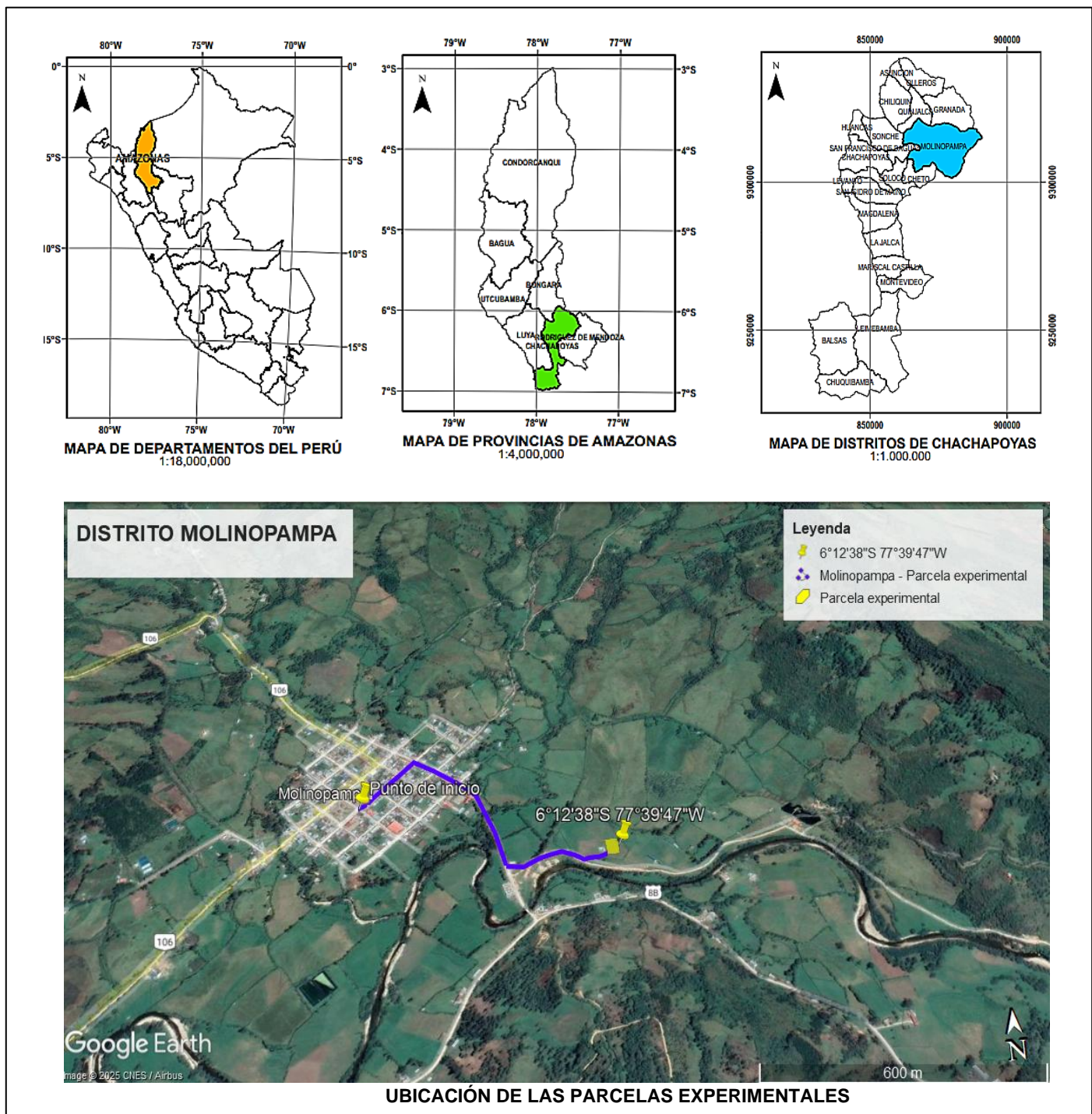


Figura 01: Delimitación geográfica del área de estudio ubicada en el distrito de Molinopampa, región Amazonas, establecida para la caracterización morfológica y agronómica del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

6.1. Población, muestra y muestreo

Población: La población en este estudio está constituida por 1100 plantas frijol (*Phaseolus vulgaris* L) distribuidas en 110 accesiones, cada accesión estará conformada por 10 plantas, las cuales representan la diversidad genética disponible de este cultivo en la zona. Estas accesiones serán establecidas y evaluadas bajo las condiciones agroclimáticas representativas del distrito de Molinopampa de la región Amazonas.

Muestra: La muestra estará compuesta por 10 plantas de cada accesión de frijol sembradas en el distrito de Molinopampa de la región Amazonas.

Muestreo: El muestreo será de tipo no probabilístico (por conveniencia), dado que se evaluará la totalidad de las accesiones de frijol disponible en la colección para la región Amazonas. Este enfoque garantiza una caracterización integral de la diversidad fenotípica, sin exclusiones arbitrarias, y es adecuado para estudios de caracterización de germoplasma donde el objetivo es describir la variabilidad existente en este grupo accesible.

6.2. Variable del estudio

6.2.1. Variable independiente

- 110 accesiones de frijol (*Phaseolus vulgaris* L)

6.2.2. Variable dependiente

La variabilidad morfoagronómica de las accesiones, evaluada mediante los descriptores estandarizados del International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR, 1982). Se analizarán las siguientes características:

Características vegetativas:

- Color del cotiledón
- Habito de crecimiento
- Altura de la planta
- Diámetro del tallo
- Contenido de la clorofila
- Persistencia de las hojas

Características reproductivas y fenológicas:

- Días a la floración
- Racimos florales por planta
- Color de la flor
- Duración de la floración
- Días hasta la madurez fisiológica

Características de vaina y semillas:

- Posición de las vainas
- Longitud de la vaina
- Curvatura de la vaina
- Color de la vaina
- Vainas por planta
- Color de la vaina en madurez fisiológica
- Color de la vaina seca
- Semillas por vaina
- Anchura de la vaina
- Patrones de la cubierta de la semilla
- Peso de la semilla
- Forma de la semilla
- Longitud de la semilla
- Ancho de la semilla
- Espesor de la semilla

Rendimiento y factores bióticos:

- Rendimiento por planta
- Índice de cosecha
- Plagas y enfermedades

6.3. Métodos

6.3.1. Material vegetal

Las accesiones de frijol serán obtenidas de diferentes partes de la región de Amazonas.

6.3.2. Diseño experimental

Para la caracterización morfoagronómica de 110 accesiones de frejol, se implementará un diseño experimental aumentado (Augmented Design), ya que permite evaluar un gran número de accesiones sin necesidad de repeticiones en todos los tratamientos, pero incluyendo testigos repetidos como referencia. En este diseño, se utilizarán 27 bloques que incluyen un conjunto de accesiones con 2 testigos presentes en todos los bloques para proporcionar un punto de referencia constante. Las accesiones adicionales se distribuirán aleatoriamente entre los bloques, asegurando una evaluación equilibrada de todas las accesiones. Este enfoque permitirá comparar de manera más precisa las características morfoagronómicas de las accesiones en relación con los tratamientos testigos, y controlará las posibles variaciones ambientales al tener referencias consistentes en cada bloque.

Cada bloque se organiza en 6 columnas y 27 filas, distribuyendo las unidades experimentales de manera que los testigos se repiten en cada bloque, mientras que las accesiones se encuentran sin repetición, lo que caracteriza el diseño aumentado. Las parcelas experimentales tendrán dimensiones de 4 metros de largo por 0.75 metros de ancho, con una distancia entre plantas de 0.40 metros.

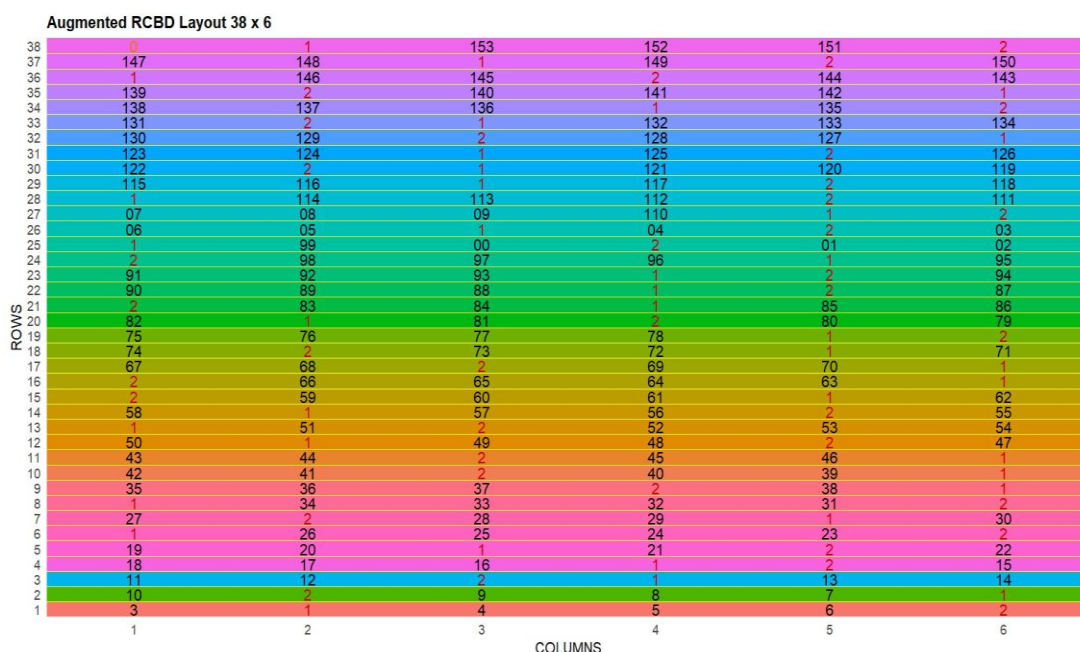


Figura 02: Diseño experimental aumentado utilizado para la caracterización morfológica y agronómica de 110 accesiones de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en el distrito de Molinopampa, región Amazonas

6.3.3. Establecimiento del cultivo

Preparación del terreno

Para la preparación del terreno para el cultivo de frijol, primero se realizará una limpieza general del área ya sea con machetes o palas, eliminando el rastrojo de cultivos anteriores y las malezas presentes. Luego, se procederá a arar el terreno utilizando un motocultor, con el fin de aflojar el suelo, mejorar su aireación y facilitar el desarrollo radicular. Posteriormente, se delimitarán y trazarán los surcos o bloques de siembra, asegurando una distribución adecuada que facilite el manejo del cultivo.

Siembra

Luego de adecuar la preparación del terreno y el diseño de las 110 accesiones y el surcado respectivo, se procederá a sembrar, a una densidad de 0.40 cm entre planta y 80 cm entre surco, con la ayuda de una estaca se realizará la apertura del suelo para agregar las semillas del frijol.

Fertilización

En caso de utilizar fertilizantes químicos, se considerará una fórmula balanceada rica en nitrógeno, fósforo y potasio, con el fin de promover un buen crecimiento vegetativo y una adecuada formación de vainas. Según Yánac Méndez (2018), realizó un estudio con diferentes dosis de fertilización lo cual se obtuvieron mejores resultados se con la mayor dosis de fertilización que fue 100 – 80 - 60 kg.ha de NPK, pero esto puede variar según las condiciones locales del suelo.

Deshierbe y aporque

El deshierbe se realizará de forma manual utilizando herramientas como machetes o azadones, se realizará de manera gradual dependiendo del crecimiento de las malezas, con el objetivo de eliminar la competencia de malezas por agua, luz y nutrientes. Posteriormente, se llevará a cabo el aporque, que consiste en arrimar tierra al pie de las plantas para mejorar su anclaje, proteger el sistema radicular.

Riego

El cultivo de frijol dependerá principalmente de las condiciones climáticas de la zona, aprovechando las lluvias estacionales para cubrir las necesidades hídricas del cultivo, especialmente en las etapas críticas del cultivo. No se implementará inicialmente un sistema de riego tecnificado; sin embargo, en caso de presentarse irregularidades en las precipitaciones o periodos de sequía, se evaluará la instalación de un sistema de riego complementario adecuado, que garantice la disponibilidad de agua y evite afectaciones en el rendimiento del cultivo.

Control fitosanitario

El control fitosanitario se llevará a cabo mediante un monitoreo constante del cultivo, con el fin de detectar de manera oportuna la presencia de plagas y enfermedades que puedan afectar el desarrollo del frijol. En caso de presencia de plagas, se aplicarán productos químicos selectivos autorizados, respetando las dosis. Se evaluará el estado sanitario de hojas, tallos, vainas y el cultivo en general, considerando posibles ataques de plagas como gusanos cortadores (*Agrotis spp.*) o defoliadores (*Diabrotica spp.*), que son comunes en este cultivo.

Cosecha

La cosecha se efectuará cuando las vainas del frijol estén completamente secas y las semillas hayan alcanzado su madurez fisiológica. Se realizará de forma manual, cortando o arrancando las plantas, que luego se dejarán secar al sol si es necesario. Una vez secas, se procederá al desgrane, limpieza y almacenamiento en condiciones secas y ventiladas para evitar pérdidas por humedad o plagas de almacenamiento, para si más adelante utilizar este recurso en programas de mejoramiento genético.

6.3.4. Evaluación de las variables

Esta evaluación se realizará de acuerdo a los descriptores de International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR, 1982).

Color del cotiledón

Se observará el color del cotiledón en diez plantas por accesión.

1 Púrpura

2 Rojo

3 Verde

4 Blanco

5 Verde muy pálido

Habito de crecimiento

Para este descriptor agro morfológico se evaluará el crecimiento de la planta clasificándoles como:

1 Determinado arbustivo

2 Indeterminado arbustivo

3 Indeterminado postrado

4 Indeterminado postrado

5 Indeterminado trepador

Altura de la planta

Promedio, en centímetros, en la madurez de 5 plantas medido desde la cicatriz del cotiledón hasta la punta de la planta.

Diámetro del tallo

Medido en milímetros en la madurez para las plantas en la densidad del cultivo.

Contenido de la clorofila

Uso de un medidor SPAD o espectrofotometría.

Días a la floración

Número de días desde la emergencia hasta la etapa en la que el 50% de las plantas han florecido.

Color de la flor

Cuando el 50 % de las flores este abiertas:

1. Blanco
2. Verde
3. Lila
4. Blanco con borde lila
5. Blanco con rayas rojas
6. Lila oscuro con borde exterior morado
7. Lila oscuro con manchas violáceas
8. Rojo carmín
9. Morado

Racimos florales por planta

Para evaluar este descriptor se realizará el conteo de número de racimos de flores cuando el 50% de las plantas han florecido.

Posición de las vainas

Para este descriptor se determinará la distribución de vainas en la planta.

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

Duración de la floración

Número de días desde las primeras flores en el 50% de las plantas hasta la etapa en que el 50% de las plantas han dejado de florecer.

Longitud de la vaina

Medición con regla o vernier, desde el extremo superior al extremo inferior de la vaina

Curvatura de la vaina

De vaina inmadura completamente expandida:

1 Recto

5 Ligeramente curvado

7 Curvo

9 Recurvado

Color de la vaina

De vaina inmadura completamente expandida.

1 Púrpura oscuro

2 Rojo carmín

3 Raya morada sobre verde

4 Raya carmín sobre verde

5 Raya de color rojo pálido sobre verde

6 Rosa oscuro (rosa).

7 Verde normal

8 Verde brillante

9 Verde opaco a gris plateado

10 Dorado o amarillo intenso

11 Amarillo pálido a blanco

Vainas por planta

Promedio de 10 plantas a densidad de cultivo.

Color de la vaina en madurez fisiológica

Se evaluará el color de la vaina cuándo las vainas estén en plena madurez.

1 Púrpura oscuro

2 Rojo

3 Rosado

4 Amarillo

5 Amarillo pálido con moteado o rayas de color

6 Verde persistente

Color de la vaina seca

se evaluará el color de las vainas maduras en el momento de la cosecha.

1 Morado oscuro

2 Rojo carmín

3 Raya morada sobre verde

4 Raya de carmín sobre verde

5 Raya de color rojo pálido sobre verde

6 Rosa oscuro (rosa)

7 Verde normal

8 Verde brillante

9 Verde opaco a gris plateado

10 Dorado o amarillo intenso

11 Amarillo pálido a blanco

Semillas por vaina

Número promedio de semillas de una vaina seleccionadas de 10 plantas.

Persistencia de las hojas

Cuando el 90% de las vainas de la parcela están secas.

3 Todas las hojas caídas

5 Intermedio

7 Todas las hojas persistentes

Días hasta la madurez

Número de días desde la emergencia hasta que el 90% de las vainas están maduras.

Anchura de la vaina

Anchura media en milímetros de las vainas inmaduras más grandes y completamente expandidas de 10 plantas normales aleatorias.

Patrones de la cubierta de la semilla

Se determinó en diez semillas por cada accesión:

0 Ausente

1 Moteado constante

2 Rayado

3 Moteado romboide

4 Moteado

5 Moteado circular

6 Patrón de color marginal

7 Rayas anchas

8 Bicolor

9 Bicolor moteado

10 Patrón alrededor del hilio (cara)

Peso de la semilla

Peso de 100 semillas en miligramos al primer decimal con un contenido de humedad de 12 - 14%.

Forma de la semilla

Tomado desde el centro de la vaina.

1 Redondo

2 Ovalada

3 Cuboide

4 En forma de riñón

5 Truncar fastigiate

Longitud de la semilla

Se registrará el diámetro de diez granos por accesión con el vernier en milímetros.

Ancho de la semilla

Se realizará la medida con vernier el ancho de la semilla medido en milímetros medido desde el hilo al lado opuesto.

Espesor de la semilla

Se realizará la media a diez granos en milímetros con el instrumento vernier a la semilla.

Rendimiento por planta

Peso total de semillas secas por planta (g).

Índice de cosecha

El índice de cosecha se determinará mediante la fórmula:

$$\text{Índice de cosecha} = \frac{\text{Peso de semilla}}{\text{Peso total de biomasa aérea}} \times 100$$

Plagas y enfermedades

Se ara una descripción que plagas y enfermedades se presentaran el el cultivo en general del frijol.

6.3.5. Cronograma

Tabla 01: *Diagrama de Gantt de la planificación de actividades*

ID	Nombre de la Actividad	Duración (meses)	Inicio	Fin	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
1	Revisión bibliográfica	1	Mar	Mar	x											
2	Redacción del proyecto	1	Mar	Abr	x	x										
3	Preparación del terreno	0.5	Mar	Mar	x											
4	Siembra del frijol	0.2	Mar	Mar		x										
5	Control de malezas	2	Abr	May		x	x									
6	Fertilización	1	Abr	Abr		x										
7	Control fitosanitario	2	Abr	May		x	x	x								
8	Tutoraje (si aplica, según tipo de frijol)	1	May	May			x									
9	Evaluaciones morfoagronómicas	6	May	Ago		x	x	x	x	x	x					
10	Cosecha del frijol	1	Ago	Sep							x					
11	Análisis de datos y resultados	2	Sep	Oct							x	x				
12	Redacción del informe de tesis	2	Nov	Dic									x	x		
13	Correcciones con el asesor	1	Ene	Ene											x	
14	Sustentación de tesis	1	Ene	Feb											x	x

6.4. Análisis de datos

Los datos serán procesados utilizando técnicas multivariadas en el programa R, se realizará un análisis de varianza (ANOVA), para poder determinar si existen diferencias significativas entre las accesiones de frejol en función de sus características morfoagronómicas de acuerdo a los descriptores estandarizados del International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR, 1982).

También se realizará Análisis de componentes principales (PCA), se utilizará la prueba de Pearson para analizar la correlación entre los descriptores cuantitativos. Finalmente se aplicará el Análisis Clúster (AC), lo cual permitirá agrupar las accesiones en pequeños clústeres, donde los integrantes de cada grupo tienen características comunes.

7. Referencias bibliográficas

- Bellón, M. R., Hodson, D., & Hellin, J. (2011). Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(33), 13432-13437. <https://doi.org/10.1073/pnas.1103373108>
- Beebe, S., Rengifo, J., Gaitan, E., Duque, M. c., & Tohme, J. (2001). Diversity and Origin of Andean Landraces of Common Bean. *Crop Science*, 41(3), 854-862. <https://doi.org/10.2135/cropsci2001.413854x>
- Blair, M. W., González, L. F., Kimani, P. M., & Butare, L. (2010). Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. *TAG. Theoretical and Applied Genetics. Theoretische Und Angewandte Genetik*, 121(2), 237-248. <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1305-x>
- Blanco, Y., & Leyva, A. (2013). Las arvenses y su entomofauna asociada en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) posterior al periodo crítico de competencia. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(3), 51-65.
- Brambilla, S., Stritzler, M., Soto, G., & Ayub, N. (2022). A synthesis of functional contributions of rhizobacteria to growth promotion in diverse crops. *Rhizosphere*, 24, 100611. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100611>
- Broughton, W. J., Hernández, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., & Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. *Plant and Soil*, 252(1), 55-128. <https://doi.org/10.1023/A:1024146710611>
- Carneiro, J. E. de S., Pereira, P. A. A., Peloso, M. J. del, & Carneiro, G. E. de S. (1997). *Mejoramiento genético de frijol a través de cruzamientos intra e interraciales*. <https://hdl.handle.net/10568/81938>
- Catarcione, G., Paolacci, A. R., Alicandri, E., Gramiccia, E., Taviani, P., Rea, R., Costanza, M. T., De Lorenzis, G., Puccio, G., Mercati, F., & Ciaffi, M. (2023). Genetic Diversity and Population Structure of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces in the Lazio Region of Italy. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12(4), 744. <https://doi.org/10.3390/plants12040744>

- Cruz, M. J. F. de la, Esteva, A. G., Nava, J. R. G., Shibata, J. K., & Moncada, M. C. Y. (2018). Diferencias fenológicas, morfológicas y de componentes del rendimiento entre una forma silvestre y domesticada de frijol común. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(1), 137-149.
- Hernández-López, V. M., Vargas-Vázquez, M. L. P., Muruaga-Martínez, J. S., Hernández-Delgado, S., & Mayek-Pérez, N. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común: Avances y perspectivas. *Revista fitotecnica mexicana*, 36(2), 95-104.
- Heredia, L. M. C., Escobar, Y. C., & Díaz, Á. J. Á. (2012). Análisis clúster como técnica de análisis exploratorio de registros múltiples en datos meteorológicos. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 11, 11-20.
- Chacón-Ordóñez, T., Campos-Boza, S., Gamboa-Moreno, P., Chaves-Barrantes, N. F., Acosta-Montoya, Ó., Chacón-Ordóñez, T., Campos-Boza, S., Gamboa-Moreno, P., Chaves-Barrantes, N. F., & Acosta-Montoya, Ó. (2024). Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) endurecido y alternativas tecnológicas para su aprovechamiento en la industria alimentaria. *Agronomía Mesoamericana*, 35(SPE1). <https://doi.org/10.15517/am.2024.59614>
- Chávez-Servia, J. L., Heredia-García, E., Mayek-Pérez, N., Aquino-Bolaños, E. N., Hernández-Delgado, S., Carrillo-Rodríguez, J. C., Vera-Guzmán, H. R. G.-L. and A. M., Chávez-Servia, J. L., Heredia-García, E., Mayek-Pérez, N., Aquino-Bolaños, E. N., Hernández-Delgado, S., Carrillo-Rodríguez, J. C., & Vera-Guzmán, H. R. G.-L. and A. M. (2016). Diversity of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces and the Nutritional Value of their Grains. En *Grain Legumes*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/63439>
- Coronel-Carvajal, C. (2023). Las variables y su operacionalización. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 27. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1025-02552023000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Espinoza Freire, E. E. (2019). Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Segunda parte. *Conrado*, 15(69), 171-180.
- Galicia, F. P. L. (2024, junio 27). *R: Importancia, fundamentos y herramientas para el análisis de datos*. GoDaddy Resources - LATAM. <https://www.godaddy.com/resources/latam/desarrollo/que-es-r-utilizar-analisis-datos>
- Hernández-López, V. M., Vargas-Vázquez, M. L. P., Muruaga-Martínez, J. S., Hernández-Delgado, S., & Mayek-Pérez, N. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común: Avances y perspectivas. *Revista fitotecnica mexicana*, 36(2), 95-104.
- Ron, A. M. D., González, A. M., Rodiño, A. P., Santalla, M., Godoy, L., & Papa, R. (2016). Historia del cultivo de la judía: Su evolución más allá de las áreas de origen y domesticación. *Arbor*, 192(779), Article 779. <https://doi.org/10.3989/arbor.2016.779n3007>
- Rosario-Arellano, J. L. D., Iglesias-Rojas, N. G., Tencos-Muñoz, L. C., Ugalde-Acosta, F. J., Andrés-Meza, P., Verdejo-Lara, R. A., Leyva-Ovalle, O. R., Rosario-Arellano, J. D., Serna-Lagunes, R., & Murguía-González, J. (2024). Variability in Morphometric and Agronomic Traits of Native Bean Seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) and Edaphoclimatic Characterization. *LEGUME RESEARCH - AN INTERNATIONAL JOURNAL*, Of. <https://doi.org/10.18805/LRF-826>
- Kwak, M., & Gepts, P. (2009). Structure of genetic diversity in the two major gene pools of common bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae). *Theoretical and Applied Genetics*, 118(5), 979-992. <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0955-4>
- Rodríguez Ledesma, N. D., Torres Sevillano, C. N., Chaman Medina, M. E., & Hidalgo Rodríguez, J. E. M. (2019). Efecto del estrés salino en el crecimiento y contenido relativo del agua en las variedades IR-43 y amazonas de *Oryza sativa* «arroz» (Poaceae). *Arnaldoa*, 26(3), 931-942. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26305>
- Salazar, R. R., Delgado, S. H., Vázquez, M. L. P. V., Pérez, N. M., Salazar, R. R., Delgado, S. H., Vázquez, M. L. P. V., & Pérez, N. M. (2021). Estado actual de

los recursos genéticos de *Phaseolus coccineus* (Fabaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 56(3), 289-305.
<https://doi.org/10.31055/1851.2372.v56.n3.32297>

Schllemer dos Santos, A. C., Bischoff Nunes, I., Teixeira da Silva, L., de Sousa Alcântara, L. V., da Silva Domingues, L., Donazzolo, J., Morini Kupper Cardoso Perseguini, J., & Possenti, J. C. (2024). Morpho–Molecular Characterization of Brazilian Common Bean Landraces Varieties and Commercial Cultivars. *Horticulturae*, 10(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10111123>

Uzar, Y., & Kurtar, E. S. (2023). Morphologic And Agronomic Characteristics Of Some Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Breeding Lines. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 37(2), Article 2.

Vásquez García, J. (2024). *Caracterización agromorfológica de accesiones de Phaseolus spp., en la región Amazonas, Perú.*

Yánac Méndez, L. A. (2018). *Análisis del crecimiento y rendimiento de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con diferentes dosis nitrogenadas, en La Molina.* <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3304>