

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

Tipos de cobertura y labranza de conservación en el control de malezas y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Pampa del Arco, 2760 m s. n. m., Ayacucho, 2025

Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:
Bach. Javier FIGUEROA QUISPE

ASESOR:
Dr. Yuri GÁLVEZ GASTELÚ

AYACUCHO - PERÚ

2026

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía constante, por darme fuerzas en los momentos más difíciles y por iluminar cada paso de este camino.

A mis queridos padres Teófilo y Dionisia, cuyo apoyo, dedicación y ejemplo han sido pilares fundamentales en mi formación profesional. Gracias por su sacrificio, esfuerzo y apoyo constante, que hicieron posible alcanzar esta meta.

A mis hermanos Alex, Yolanda, Nélida, Rolando, Kevin y Yommi, por su compañía, comprensión y aliento permanente.

Agradecimiento

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por ser el pilar fundamental en mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y a la Escuela Profesional de Agronomía, por haberme brindado conocimiento, espacio y las herramientas necesarias para mi formación profesional.

A los docentes, que formaron parte de mi proceso de formación académica, por compartir sus conocimientos y experiencias.

Al Dr. Yuri Gálvez Gastelú, asesor del presente trabajo de investigación, por haberme guiado y orientado, así como por su apoyo, compromiso y dedicación que me motivó a culminar con éxito este trabajo.

A mis compañeros, Eloy, Reynaldo y Josep, por su apoyo en la instalación y en la recolección de datos.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I	14
MARCO TEÓRICO.....	14
1.1. Antecedentes	14
1.2. Bases teóricas.....	19
1.2.1. Tipos de cobertura	19
1.2.2. Labranza de conservación	20
1.2.3. Cultivo de frijol.....	24
1.2.4. Manejo agronómico de frijol	32
1.2.5. Variedades de frijol.....	36
1.2.6. Malezas	37
1.2.7. Plagas	38
1.2.8. Enfermedades.....	39
1.2.9. Virus	41
1.2.10. Frijol Caraota.....	41
CAPÍTULO II	46
METODOLOGÍA	46

3.1. Ubicación del experimento	46
3.2. Antecedentes del terreno	47
3.3. Características climáticas.....	47
3.4. Características del suelo.....	50
3.5. Material vegetal	50
3.6. Factores en estudio.....	50
3.6.1. Tipos de cobertura	50
3.6.2. Práctica de labranza de conservación.....	51
3.7. Tratamientos.....	51
3.8. Características del campo experimental	51
3.8.1. Esquema de distribución de las unidades experimentales y del campo experimental.....	51
3.9. Análisis de datos	53
3.9.1. Diseño experimental	53
3.9.2. Análisis estadístico.....	53
3.10. Procedimiento	53
3.10.1. Instalación	53
3.10.2. Conducción del ensayo	55
3.10.3. Parámetros evaluados	55
CAPÍTULO III.....	58
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
5.1. Control de malezas.....	58
5.1.1. Composición florística de las malezas.....	58
5.1.2. Rendimiento de materia fresca de malezas (kg ha^{-1})	62
5.1.3. Rendimiento de materia seca de malezas (kg ha^{-1}).....	64
5.2. Cultivo de frijol.....	66
5.2.1. Altura de planta	66

5.2.2. Número de ramas por planta	70
5.2.3. Número de vainas por planta.....	71
5.2.4. Longitud de vaina	74
5.2.5. Número de granos por vaina	75
5.2.6. Rendimiento de grano al 14.0% de humedad (kg ha^{-1})	78
5.2.7. Índice de cosecha.....	81
5.2.8. Correlación de las variables.....	84
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
ANEXOS	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 <i>Extracción de nutrientes del cultivo de frijol</i>	34
Tabla 1.2 <i>Composición nutricional de frijol negro de grano seco</i>	43
Tabla 2.1 <i>Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, mínima y media), precipitación y balance hídrico de la estación meteorológica INIA-Canaán Ayacucho 2024-2025.</i>	48
Tabla 2.2 <i>Análisis de caracterización del suelo</i>	50
Tabla 2.3 <i>Tratamientos de los factores en estudio</i>	51
Tabla 3.1 <i>Población, Abundancia y frecuencia de especies de malezas registradas en los diferentes tratamientos</i>	59
Tabla 3.2 <i>Análisis de varianza del rendimiento de materia fresca de malezas en frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación</i>	62
Tabla 3.3 <i>Análisis de varianza del rendimiento de materia seca de malezas en frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación</i>	64
Tabla 3.4 <i>Análisis de varianza de altura de planta de frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación</i>	67
Tabla 3.5 <i>Análisis de varianza de la altura de planta de frijol para los efectos simples de la cobertura dentro del sistema de labranza en franjas</i>	67
Tabla 3.6 <i>Análisis de varianza del número de ramas por planta de frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación</i>	70
Tabla 3.7 <i>Análisis de varianza del número de vainas por planta de frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación</i>	71
Tabla 3.8 <i>Análisis de varianza de la longitud de vainas de frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación</i>	74
Tabla 3.9 <i>Análisis de varianza del número de granos por vaina de frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación</i>	75
Tabla 3.10 <i>Análisis de varianza del rendimiento de grano al 14.0% de humedad de frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación</i>	78
Tabla 3.11 <i>Análisis de varianza del índice de cosecha de frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación</i>	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 <i>Mapa de ubicación del ensayo experimental en Pampa del Arco, UNSCH..</i>	46
Figura 2.2 <i>Climatograma de temperatura (máxima, mínima y media), precipitación y balance hídrico de la Estación Meteorológica INIA-Canaán, Ayacucho 2024-2025</i>	49
Figura 2.3 <i>Croquis de distribución de parcelas (unidad experimental)</i>	52
Figura 2.4 <i>Croquis de unidad experimental</i>	52
Figura 3.1 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales de los tipos de cobertura y la labranza de conservación en el rendimiento de materia fresca de malezas en frijol</i>	63
Figura 3.2 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales de tipos de cobertura y la labranza de conservación en el rendimiento de materia seca de malezas en frijol</i>	65
Figura 3.3 <i>Prueba de Tukey de los efectos simples de los tipos de cobertura y la labranza de conservación en la altura de planta de frijol.....</i>	68
Figura 3.4 <i>Prueba de Tukey de los efectos simples de los tipos de cobertura y la labranza de conservación en número de vainas por planta de frijol.....</i>	72
Figura 3.5 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales de tipos de cobertura y la labranza de conservación en número de granos por vaina de frijol</i>	76
Figura 3.6 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales de los tipos de cobertura y la labranza de conservación del rendimiento de grano al 14% de humedad de frijol</i>	79
Figura 3.7 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales de los tipos de cobertura y la labranza de conservación del índice de cosecha de frijol</i>	82
Figura 3.8 <i>Valores de los coeficientes de correlación Pearson de las variables</i>	84

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Cuadro de datos ordenados general</i>	98
Anexo 2. <i>Análisis de caracterización de suelo</i>	99
Anexo 3. <i>Panel fotográfico</i>	101

RESUMEN

El trabajo de investigación se llevó a cabo en Pampa del Arco, propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho. El estudio se realizó entre diciembre de 2024 y mayo de 2025, con el objetivo de determinar la influencia de tipos de cobertura y labranza de conservación en el control de malezas y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con un arreglo factorial de tres tipos de cobertura y dos tipos de labranza de conservación. La práctica de cobertura con plástico mostró los mayores valores, con 39.85 cm de altura de planta, 18.98 vainas por planta, 5.70 granos por vaina, 2633.68 kg ha⁻¹ de grano seco al 14% de humedad y un 49.02% de índice de cosecha. Además, con este tipo de cobertura se registró la menor acumulación de materia seca de malezas, con 912.48 kg ha⁻¹ consolidándose como la mejor estrategia para su control. La práctica de labranza en franjas mostró los mejores resultados, con 37.91 cm de altura de planta, 19.65 vainas por planta, 2676.95 kg ha⁻¹ de grano seco al 14% de humedad y un 49.93% de índice de cosecha. Asimismo, con este tipo de labranza se registró la menor acumulación de materia seca de malezas, con 1104.17 kg ha⁻¹, logrando un mejor control sobre estas. La labranza en franjas y la cobertura con plástico resultaron mejor en rendimiento de grano seco y control de malezas.

Palabras clave: Control de malezas, labranza de conservación, rendimiento de frijol, tipos de cobertura

ABSTRACT

The research was conducted in Pampa del Arco, a property of the National University of San Cristóbal de Huamanga, in the district of Ayacucho, province of Huamanga, Ayacucho region. The study was carried out between December 2024 and May 2025, with the objective of determining the influence of different cover types and conservation tillage practices on weed control and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield. A randomized complete block design (RCBD) was used, with a factorial arrangement of three cover types and two conservation tillage practices. The plastic cover practice showed the highest values, with 39.85 cm plant height, 18.98 pods per plant, 5.70 grains per pod, 2633.68 kg ha⁻¹ of dry grain at 14% moisture, and a 49.02% harvest index. Furthermore, this type of cover resulted in the lowest accumulation of weed dry matter, at 912.48 kg ha⁻¹, establishing itself as the best strategy for weed control. Strip tillage showed the best results, with a plant height of 37.91 cm, 19.65 pods per plant, 2676.95 kg ha⁻¹ of dry grain at 14% moisture, and a 49.93% harvest index. This type of tillage also resulted in the lowest accumulation of weed dry matter, at 1104.17 kg ha⁻¹, achieving better weed control. Strip tillage and plastic cover proved superior in terms of dry grain yield and weed control.

Keywords: Weed control, conservation tillage, bean yield, cover crop types

INTRODUCCIÓN

Voysest (2000) menciona que el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) constituye una de las leguminosas de grano de mayor importancia a nivel mundial debido a su valor alimenticio y su amplia aceptación en la dieta humana. Su cultivo se desarrolla en diversas condiciones agroecológicas, lo que ha permitido su expansión en prácticamente todas las regiones agrícolas del mundo. Sin embargo, América Latina destaca como la principal zona productora y consumidora de este cultivo, al concentrar una proporción significativa de la producción mundial, representando más del 45% del volumen total generado.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las especies de mayor importancia dentro de las leguminosas cultivadas, debido a su amplia distribución, diversidad comercial y potencial de inserción en mercados nacionales e internacionales. En el Perú, su cultivo se encuentra presente en todos los departamentos, adaptándose a diferentes condiciones agroecológicas. A nivel mundial, existe una amplia diversidad de clases comerciales, con más de 30 tipos de grano destinados al consumo y comercialización. Entre las variedades de mayor producción destacan los frijoles arbustivos de grano amarillo canario, bayo, blanco y negro, los cuales se desarrollan tanto en la región costera como en los valles interandinos, bajo sistemas de secano y riego, dependiendo de la disponibilidad hídrica (Estación Experimental Agraria Andenes - Cusco, 2011).

Las leguminosas han desempeñado un papel fundamental en la nutrición humana, debido a su alto valor nutritivo. Al respecto Madriz (2018) señala que el cultivo de leguminosas es fundamental para la nutrición humana debido al alto valor biológico de sus granos, ricos en proteínas, macronutrientes y micronutrientes esenciales.

Consideradas históricamente un pilar proteico accesible, su combinación ancestral con cereales, raíces y tubérculos optimiza el perfil nutricional de la dieta mediante la complementación de aminoácidos.

El manejo oportuno de malezas es determinante para el buen desarrollo y rendimiento del cultivo de frijol. En este sentido:

El frijol es una planta poco competitiva. Se han observado reducciones en la cosecha hasta de 75% cuando no se han manejado las malezas durante todo el ciclo de cultivo. El periodo comprendido desde la primera hoja trifoliada hasta prefloración, debe mantenerse libre de malezas, ya que este es el período crítico en que las malezas causan un daño irreversible y por lo tanto pérdidas en el rendimiento. (Hernández, 2009, p. 34)

Sin embargo, el rendimiento del frijol frecuentemente se ve limitado por la competencia de malezas, especialmente en las primeras etapas del desarrollo del cultivo; por ello, la producción se ve afectada significativamente. Dentro de las estrategias sostenibles para el manejo de malezas, en la presente investigación se evaluó el control de malezas con tipos de cobertura y labranza de conservación con el fin de mejorar el rendimiento del cultivo del frijol negro. El estudio se llevó a cabo en Pampa del Arco, perteneciente a la ciudad universitaria de la UNSCH. Con base en lo expuesto, se planteó el siguiente trabajo de investigación con los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar la influencia de tipos de cobertura y labranza de conservación en el control de malezas y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Pampa del Arco, 2760 m s. n. m., Ayacucho, 2025.

Objetivos específicos

1. Evaluar la influencia de los tipos de cobertura en el control de malezas y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).
2. Evaluar la influencia de los tipos de labranza de conservación en el control de malezas y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Demuner et al. (2012) evaluaron los efectos de tres sistemas de labranza y mejoradores de suelo en la disponibilidad de humedad y volumen de exploración de raíces en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizado al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México. El objetivo principal fue:

Determinar el efecto de tres sistemas de labranza (convencional (LC), vertical (LV) y cero (NL) y mejoradores de suelo en la disponibilidad de humedad, volumen de raíces y rendimiento en cultivo de avena forrajera (*Avena sativa*) en un suelo franco arcilloso. Para ello, se estableció bajo un arreglo en diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial A y B con nueve repeticiones, tres sistemas de labranza, tres tratamientos con mejoradores y un testigo durante el ciclo otoño-invierno 2011. El contenido de humedad se midió a dos profundidades (7.6 y 12.0 cm) mediante una sonda TDR FIELDSCOUT 300. Finalizando el ciclo se midió el desarrollo radicular y rendimiento por tratamiento en base a materia seca obtenida. Los resultados obtenidos con respecto a humedad NL, mostró mayor retención encontrándose los mismos valores en ambas profundidades, los mejoradores no mostraron influencia. Para raíces LC tuvo buen desempeño, los mejoradores no influyeron en las raíces. En rendimiento LC es la mejor y LV, NL mantienen promedio similar; en mejoradores la Micorriza obtiene mejor rendimiento de 3.84 t ha^{-1} , Testigo 3.78 t ha^{-1} , Algaenzima y Composta obtuvieron rendimientos similares de 3.45 t ha^{-1} . En el corto plazo las cero labranzas tienen un efecto positivo en la retención de humedad sin embargo aún no se refleja en el desarrollo radicular y rendimiento del cultivo. (p. 1)

Hernández et al. (2008) evaluaron la influencia del mulch en los índices de crecimiento del frijol variedad Bat-304 en las áreas agrícolas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de La Habana, con el objetivo de:

Determinar la influencia del mulch constituido por restos de maíz y frijol a partes iguales en índices de crecimiento en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Bat-304. Se empleó diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos. Los restos vegetales utilizados para el arroje se distribuyeron uniformemente sobre la superficie de las parcelas antes de la siembra, equivalente a 4.0, 5.0; 7.0; 5.0 y 15.0 t ha⁻¹ y un control sin mulch. Las determinaciones superficie foliar (dm²) y masa seca (g) se realizaron en las fases fenológicas V4 (tercera hoja trifoliada), R5 (prefloración), R6 (floración), R7 (formación de legumbres) y R8 (llenado de legumbres), que corresponden a 25, 32, 39, 46 y 53 días después de la siembra. Los resultados obtenidos de los tratamientos que recibieron los beneficios del mulch alcanzaron valores de índices de crecimiento significativamente superiores al tratamiento sin mulch, en cada fase fenológica, destacándose la aplicación equivalente a 15.0 t ha⁻¹ como el mejor resultado. (p. 2)

García et al. (2018) realizaron un estudio titulado “Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un Inceptisol”, desarrollado en la Granja Experimental de la Universidad de los Llanos, ubicada en el municipio de Villanueva, Casanare (Colombia), con el objetivo de:

Evaluar algunas propiedades físicoquímicas del suelo y la población de microorganismos en tres sistemas de labranza (reducida, de conservación y labranza cero o siembra directa), en dos épocas de muestreo. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones para 15 unidades experimentales. Las muestras de suelo se tomaron en dos épocas de muestreo: antes de la preparación (M1) y después de la preparación (M2). En cada una de las parcelas experimentales se determinó la densidad aparente (Da) mediante el método del cilindro de volumen conocido según metodología descrita por el IGAC (2006) y ese valor se utilizó para calcular la porosidad total (n%). Cada parcela experimental se diseñó con un área de 20.0 m² (10 x 2m) y para

evitar el efecto de bordes se dejó un área útil de 13.5 m² (9 x 1.5 m). Los resultados obtenidos del Da fue más alta en T1 (1.52 g/ cm³) en M1. Con el T3 se alcanzó una Da más baja en ambas épocas (1.27 g/cm³). La porosidad fue mayor con el T3 sin diferencias entre muestreos. T2 ocasionó un mayor porcentaje de MOS en M2. T3 presentó mayores UFC de hongos y bacterias con respecto a T1 y T2. La labranza de conservación debe ser tenida en cuenta para un mejor manejo de los suelos de la zona. (p. 16)

Ibarra et al. (2012) realizaron un estudio de influencia del doble cultivo en el crecimiento y rendimiento de frijol con cubierta de plástico de colores, el estudio fue conducido en Saltillo, Coahuila, México, con el objetivo principal de:

Cultivar frijol en dos estaciones de crecimiento consecutivas usando la misma cubierta plástica de diferentes colores y examinar la influencia de la temperatura del suelo en el crecimiento, control de suelo desnudo y rendimiento de frijol. El diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se usaron cuatro colores de acolchado plástico: blanco-sobre-negro, negro, plata-sobre-negro, aluminio-sobre-negro, y control de suelo desnudo. Los resultados obtenidos del porcentaje de radiación fotosintéticamente activa (PAR) reflejada por las cubiertas tendió a ser mayor en el plástico blanco-sobre-negro y menor en cubierta negra. La temperatura media bajo la cubierta decreció con el incremento en el porcentaje de PAR reflejada. La temperatura media del suelo se relacionó con rendimiento en 98% y 99% en la primera y segunda estación de crecimiento, respectivamente. La relación entre PAR y rendimiento fue 98% y 86% en la primera y segunda estación de crecimiento, respectivamente. El efecto de la cubierta de color sobre el rendimiento fue significativo ($p < 0.05$) en la primera estación de crecimiento, pero no en el segundo cultivo donde los tratamientos de cubierta y el control tuvieron un rendimiento similar, indicando que no siempre la cubierta aumenta el rendimiento. (p. 1)

Rodríguez et al. (2015), investigadores cubanos desarrollaron un trabajo de investigación, con la finalidad de evaluar:

El comportamiento de algunas propiedades físicas y químicas del suelo bajo la acción de dos sistemas de labranza (convencional y conservacionista), la primera

basada en implementos de discos y la segunda en implementos de corte horizontal-vertical. Para ello, se seleccionaron cinco puntos de muestreo distribuidos a lo largo de una diagonal, realizando las mediciones a tres profundidades diferentes: 0-10 cm, 11-20 cm y 21-30 cm. Los resultados indican cambios favorables a favor de la labranza de conservación, ya que se observó una ligera disminución de la densidad aparente y la compactación y un ligero aumento del contenido de materia orgánica. Además, al realizar un cronometraje a fin de determinar las productividades y el consumo de combustible, se obtuvo un ahorro de combustible 7.75 L ha^{-1} y un incremento en el rendimiento de $223.83 \text{ kg ha}^{-1}$. (p. 52)

Escajadillo (2023) evaluó la influencia de *Rhizobium* y la labranza de conservación en la producción de arveja en verde (*Pisum sativum* L.) en un estudio realizado en el terreno de la Ciudad Universitaria, Pampa del Arco, Huamanga, Ayacucho, con el objetivo de:

Conocer la influencia del uso de *Rhizobium* y las prácticas de labranza de conservación en el rendimiento de arveja en verde (*Pisum sativum* L.). Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con arreglo factorial $2L \times 2R$ (dos tipos de labranza de conservación por dos formas de aplicación de *Rhizobium*) con cuatro repeticiones. Realizado el análisis de variancia (ANVA), estadísticamente. Los resultados obtenidos de la inoculación con *Rhizobium* posee mejor respuesta, logrando: 137.39 cm de altura de planta, 8.68 vainas por planta, 6.90 cm de longitud de vaina, 4.83 semillas por vaina y $4193.96 \text{ kg ha}^{-1}$ de vaina en verde. La labranza mínima, estadísticamente tiene mejor respuesta, obteniendo 4.83 semillas por vaina; asimismo la combinación de la labranza mínima e inoculación con *Rhizobium*, produjo respuesta superior en los parámetros productivos: número de vainas por planta (9.43 vainas), longitud de vaina (6.93 cm) y número de semillas por vaina (4.95 semillas), respecto a la labranza cero, sin *Rhizobium* (6.30 vainas, 6.68 cm y 4.50 semillas respectivamente). (p. 1)

Solano et al. (2024) realizaron un estudio sobre el efecto del mulch en la conservación del agua y el rendimiento del frijol en una zona semiárida del Perú. La investigación se desarrolló en la Estación Experimental Canaán del Instituto Nacional de

Innovación Agraria (INIA), ubicada en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, región Ayacucho, con el objetivo principal de:

Evaluar la influencia de dos fuentes de mulch bajo dos niveles de uso en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris*) var. Red Kidney y en la reducción de la evaporación del agua del suelo en Canaán, Ayacucho. El experimento consistió en un ensayo factorial 2 x 2 (fuentes de mulch: residuos de trigo y de grass; niveles de uso: 5.0 y 10.0 t ha⁻¹) más un testigo, en parcelas de 8.75 m², bajo el diseño de bloques completos al azar, se utilizaron 21 macetas (7 tratamientos, 3 repeticiones). Se utilizaron evaporímetros de balanza para determinar la reducción relativa de la evaporación del agua del suelo (Reas), en suelos con mulch respecto al suelo sin mulch. Los resultados mostraron que la evaporación del agua en suelos con mulch es significativamente menor que en suelos sin mulch; la Reas por aplicación de mulch es superior en los suelos con mulch a base de residuos de grass. La aplicación de 7.5 t ha⁻¹ permite una Reas de 69% con residuos de trigo y 77% con residuos de grass. Los rendimientos de frijol también están influenciados por la fuente y niveles de mulch, siendo superior hasta un 98% al utilizar 10.0 t ha⁻¹ de mulch de residuos de grass y hasta un 49% con residuos de trigo. (p. 1)

Buendía y Matencio (2014) evaluaron el efecto del mulch y las coberturas plásticas en la producción de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) cv. Ajax, en un estudio realizado en los campos de producción de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con el objetivo de:

Efecto del mulch (*Vetiveria*) y la cobertura plástica en la biomasa total y producción comercial del pepinillo para encurtido y en la retención de humedad en el suelo. Los tratamientos evaluados fueron cuatro: el testigo (T1), cobertura plástica negra (T2), cobertura plástica blanca (T3) y el mulch (*Vetiveria*) (T4) y las variables estudiadas fueron: rendimiento total, rendimiento comercial (categoría I), biomasa fresca y seca foliar, biomasa seca de la categoría I y el porcentaje de humedad del suelo. El diseño estadístico considerado fue el DBCA a una significancia de 5%, y se usó la prueba de Duncan para la comparación de las medias. De los resultados obtenidos según el análisis estadístico no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos empleados; sin embargo, el T4

(mulch-*Vetiveria*) tuvo el mayor rendimiento total y comercial con 9.26 Mg ha⁻¹ y 4.69 Mg ha⁻¹, respectivamente. Asimismo, con el mulch (*Vetiveria*) se obtuvo la mayor biomasa seca foliar y la mayor biomasa seca comercial con 2.656 Mg ha⁻¹ y 0.288 Mg ha⁻¹, respectivamente. En cuanto a la biomasa fresca foliar, el tratamiento con cobertura plástica blanca fue el mejor con 14.32 Mg ha⁻¹; por otro lado, con el plástico negro se obtuvo el mayor porcentaje de humedad del suelo (14.823%). (p. 1)

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Tipos de cobertura

Cobertura vegetal muerta o mulch. Barticevic (1997, como se citó en Buendía y Matencio, 2014) señala que la aplicación del mulch se define como:

El acolchamiento de suelos (comúnmente conocido como mulch o mantillo) es una técnica muy antigua que consiste en colocar materiales como paja, aserrín, capotillo de arroz, plástico o papel, cubriendo el suelo, con la finalidad de proteger al cultivo y al suelo de los agentes atmosféricos, promover cosechas precoces, aumentar rendimientos y evitar el contacto del producto con el suelo. (p. 3)

Ventajas del mulch. Turney y Menge (1994, como se citó en Buendía y Matencio, 2014), Evidencian que la aplicación de mulch mejora las propiedades físicas e hídricas del suelo, ya que favorece la retención de agua, incrementa la permeabilidad superficial y mantiene la humedad disponible, mientras mitiga de forma efectiva la erosión y el escurrimiento.

Desventajas del mulch. Robinson (1988, como se citó en Buendía y Matencio, 2014) indica que, a pesar de sus beneficios, esta técnica presenta desventajas, que:

Si bien el uso de cobertura vegetal permite disminuir las labores requeridas para mantener las plantas, la gran cantidad de mulch que se requiere aplicar por hectárea de los diferentes materiales, su costo y su transporte siguen siendo una limitante. A pesar de lo anterior, en aquellos países europeos que poseen ciertas limitaciones al uso de herbicidas, el uso de mulch se hace prácticamente indispensable. (p. 5)

Acolchado con plástico. El acolchado de suelos es una práctica tradicional que implica cubrir el terreno con materiales como paja, aserrín, cáscara de arroz, papel o plástico. Su propósito es resguardar tanto el cultivo como el suelo de factores climáticos, favorecer cosechas tempranas y optimizar tanto el rendimiento como la calidad de los productos agrícolas (Berardocco, 2011).

Beneficios del acolchado. Con respecto a esta técnica, Berardocco (2011) describe los siguientes beneficios:

Frutas de mayor tamaño, limpieza y sanidad; mayores rendimientos; precocidad; control de malezas; ahorro de agua, conservación de agua; ahorro de fertilizantes; anticipo de la fecha de siembra; protección de la estructura del suelo, control de erosión; control de insectos; mayor eficiencia en los métodos de desinfección química de suelo; y desinfección de suelo por solarización. (p. 1)

Desventajas de la cobertura con plástico. Buendía y Matencio (2014) advierten que las coberturas de plástico conllevan ciertos condicionantes: conllevan elevados costos de adquisición, demandan sistemas de infiltración óptimos para mitigar el riesgo de encharcamiento y dejan como remanente un volumen considerable de residuos sintéticos al finalizar la etapa agronómica.

1.2.2. Labranza de conservación

Lal (1990, como se citó en Busari et al., 2015) describió que “la labranza de conservación como método de preparación del lecho de siembra que incluye la presencia de mantillo de residuos y un aumento de la rugosidad de la superficie es el criterio clave” (p. 3).

En concordancia con esta definición, Busari et al. (2015) señalan que la labranza de conservación es una práctica de manejo sostenible orientada a la preparación del suelo y del lecho de siembra con una mínima alteración de su estructura. Cuando este sistema se implementa siguiendo sus principios, contribuye a mejorar las propiedades físicas del suelo, incrementar el contenido de carbono orgánico, disminuir el riesgo de erosión y favorecer la conservación de la calidad y funcionalidad del recurso edáfico.

Asimismo, en cuanto a su modalidad de aplicación, Caicedo (2004) explica que esta práctica se enmarca en esquemas de labranza reducida y siembra directa o cero. Estas tecnologías, objeto de investigación global desde la década de 1950, comenzaron a consolidarse en la praxis agrícola a partir de los años setenta.

Por otra parte, la labranza de conservación en la agricultura orgánica puede contribuir a disminuir la erosión, incrementar la macroporosidad del suelo y potenciar la actividad microbiana. Sin embargo, también presenta limitaciones, como una menor disponibilidad de nitrógeno y opciones más reducidas de cultivos (Peigné et al., 2007).

Beneficios de la labranza de conservación. Kassam et al. (2019) señalan que la agricultura de conservación aporta beneficios importantes durante el ciclo productivo, ya que optimiza la distribución de la mano de obra y reduce la cantidad de trabajo requerida, aspectos que han favorecido la adopción de este sistema por numerosos agricultores de América Latina, especialmente aquellos que dependen principalmente de la mano de obra familiar. Asimismo, la incorporación continua de residuos de los cultivos incrementa gradualmente el contenido de materia orgánica del suelo, inicialmente en la capa superficial y, con el tiempo, en estratos más profundos. Este aumento mejora diversas propiedades del suelo, como la eficiencia en el aprovechamiento de los fertilizantes, la capacidad de retención de agua, la estabilidad de los agregados, el desarrollo del sistema radicular y la disponibilidad de nutrientes.

Baker et al. (2008) indican que los beneficios de la labranza de conservación son los siguientes:

Mejores ingresos económicos por la venta de los productos agrícolas; aumento del contenido de materia orgánica del suelo; mejora de la calidad productiva del suelo; reduce las necesidades de mano de obra; menor costo en el uso de maquinarias agrícolas; mínimo gasto por el uso de los hidrocarburos; mínima escorrentía y mayor disponibilidad del agua para el cultivo; reduce el desgaste del suelo por los factores hídricos y eólicos; aumenta la reserva de elementos nutricionales para los cultivos; y mejora el ambiente del ecosistema. (p. 24)

Ventajas de la labranza de conservación. De acuerdo con el Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS, 2004), A continuación, se detallan las ventajas asociadas a la labranza de conservación:

Impide remover el suelo y reduce el gasto por la preparación de suelo; incrementa la permeabilidad de la humedad en el subsuelo y minimiza la pérdida por evaporación, porque reduce la capilaridad; reduce el requerimiento de mano de obra, ocasionando gastos mínimos y en consecuencia mejores ingresos económicos; minimiza la erosión hídrica por tener mejor estructura de los aglomerados del suelo; genera impacto positivo en el medio ambiente, contribuyendo en la mejora de la diversidad biológica del suelo y en la disminución de la emisión del CO₂ hacia el ambiente; y conserva la cubierta natural del suelo, hecho que beneficia en mantener suelos laxos y esponjosos y formar mayor cantidad de materia orgánica. (p. 587)

Desventajas de la labranza de conservación. PRONAMACHCS (2004) advierte que la labranza de conservación entraña desafíos fitosanitarios significativos. La permanencia del rastrojo sobre la capa superficial del suelo genera un microclima propicio para el refugio y proliferación de inóculos fitopatógenos, particularmente bacterias y hongos, así como diversas plagas. Por ello, la viabilidad de este esquema depende en gran medida de las propiedades edáficas del lote, así como de la eficacia de las estrategias integrales empleadas para la gestión de malezas y problemas sanitarios.

Tipos de la labranza de conservación. De acuerdo con Alvarado et al. (2007), se distinguen diversos tipos de labranza, entre los cuales se encuentran:

Para la gran mayoría de los expertos, labranza de conservación, significa reducción de la pérdida de suelo por erosión, al mismo tiempo que se ahorra combustible, tiempo y dinero, como veremos más adelante. Como ya se ha dicho, los sistemas de labranza de conservación que se abordarán en este fascículo son cinco, a saber: Laboreo bajo cubierta, Siembra en camellones, Siembra directa, Labranza reducida y labranza cero. (p. 9)

Labranza cero. Baker et al. (2008) describen el origen de la terminología empleada para la labranza cero. Al respecto, señalan:

Tan pronto como fue reconocido el concepto moderno de labranza cero basado en herbicidas no residuales (principalmente traslocados) se inventaron innumerables nombres para describir el proceso. “No labranza”, “siembra en surcos” o “siembra directa” son todos términos que describen la siembra de semillas en suelo que no ha sido previamente labrado para formar una cama de semillas. El primer término usado fue “siembra en surcos”, principalmente en Inglaterra, donde se originó el concepto de esta técnica en la década de 1960. El término “no labranza” se comenzó a usar poco después en los Estados Unidos de América, pero últimamente parece preferirse el término “siembra directa” ya que la palabra negativa “no” causa una aparente ambigüedad cuando es usada para describir un proceso positivo. (p. 3)

En concordancia con esta evolución conceptual y terminológica, la labranza cero es una forma de sembrar sin necesidad de preparar el suelo previamente. En lugar de remover la tierra, la semilla se coloca directamente en pequeños surcos u hoyos, procurando que la semilla tenga la profundidad y cobertura adecuadas para que esté bien en contacto con el suelo y pueda desarrollarse correctamente (Riquelme et al., 2021).

Labranza mínima. Rodríguez (s. f.) señala que la labranza mínima se basa en reducir las labores de preparación del suelo, integrando operaciones como la siembra y la fertilización en una sola pasada y disminuyendo las actividades de arado y rastrillado.

Además, este sistema ofrece importantes beneficios sobre las condiciones del suelo y el desarrollo del cultivo. En este sentido, Rodríguez y Betancourt (1989, como se citó en Rodríguez, s. f.) indican que:

El sistema de labranza mínima reduce la temperatura del suelo, especialmente en los primeros estados de crecimiento del cultivo, debido a que la presencia de residuos sobre la superficie reduce la radiación solar. Lo anterior tiene como consecuencia menor evaporación, mayor humedad gravimétrica, humedad aprovechable y menor requerimiento de riego. (p. 5)

Asimismo, el sistema de labranza mínima se presenta como una esta alternativa agrícola sostenible optimiza el manejo del suelo y el uso de los recursos productivos. En este sentido, mencionan que:

El método de labranza mínima tiene las siguientes ventajas: reducción de la erosión hídrica y eólica del suelo, aumento en la intensidad del uso de la tierra, mayor retención de humedad, menor compactación del suelo, menor consumo energético, mejor calidad de las propiedades físico, químicas y biológicas del suelo, disminución de la incidencia de malezas anuales e impedimento de introducción de nuevas malezas. (Pitty, 1997; Unger et al., 1995, como se citó en Rojas & Camacho, 2004, p. 162)

Labranza en franjas. La labranza en franjas es una técnica agrícola que combina aspectos de la labranza cero y la labranza convencional. Consiste en preparar bandas estrechas, de entre 6 y 12 pulgadas de ancho, donde se mantiene el rastrojo del cultivo anterior y se realiza la siembra directamente en las áreas trabajadas (Nowatzki et al., 2008).

En complemento, Baker et al. (2008) precisan que esta modalidad de labranza de conservación limita el laboreo a franjas angostas mediante abresurcos, lo que permite depositar la semilla entre bandas de suelo intervenido y no intervenido.

1.2.3. Cultivo de frijol

Centro de origen y distribución del frijol. Rosas (2003) señala que el frijol común tuvo múltiples procesos de domesticación en América, principalmente en Mesoamérica y la región andina, donde se originaron dos grupos principales de cultivares. Posteriormente, estos se dispersaron hacia otras regiones del mundo, predominando los cultivares mesoamericanos en Brasil y el sur de Estados Unidos, mientras que los andinos se difundieron principalmente en África, Europa y el noreste de Estados Unidos.

Importancia del frijol. El frijol constituye un alimento de importancia para la población debido a su aporte nutricional. En este sentido, mencionan que:

El frijol es uno de los componentes más importantes en la alimentación de la población en Antioquia por su calidad nutricional, ya que posee altos contenidos

de proteína y de algunos de los minerales esenciales. El consumo aparente de frijol en Colombia es de 3.7 kg/persona/año y en Antioquia se estima en 6.0 kg/persona/año. (Arias et al., 2007, p. 25)

Durante la última década, las leguminosas de grano seco, particularmente el frijol, han experimentado una marcada consolidación agroexportadora mediante la diversificación de mercados, el desarrollo de valor agregado y la expansión de su portafolio comercial. La oferta peruana abastece a cerca de 40 destinos internacionales, destacando su posicionamiento en la Unión Europea y en América Latina, donde Brasil y Venezuela figuran como los receptores de mayor volumen. Asimismo, la presencia de este grano se ha extendido hacia economías del Caribe y regiones de alta exigencia comercial en Medio Oriente, tales como Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Israel, Kuwait y Líbano (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2001).

Clasificación taxonómica. Valladolid (2001) describe la clasificación taxonómica del frijol:

Orden: Rosales

Familia: Leguminosae

Subfamilia: Papilionoidae

Tribu: Phaseolae

Subtribu: Phaseolinae

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris* L. (p. 10)

Descripción morfológica del frijol. El estudio de la morfología vegetal es fundamental para la identificación y diferenciación de especies, ya que permite analizar sus características estructurales y su relación con el ambiente. En este sentido, Arias et al. (2007) indican que:

El estudio de la morfología se hace por los caracteres, es decir, las marcas externas que componen cada órgano, visibles a escalas macroscópica y microscópica. Los caracteres de la morfología de las especies se agrupan en caracteres constantes y caracteres variables. Los caracteres constantes son aquellos que identifican la especie o la variedad y generalmente son de alta heredabilidad. Los caracteres

variables reciben la influencia de las condiciones ambientales, y podrán ser considerados como la resultante de la acción del medio ambiente sobre el genotipo. (p. 29)

Raíz. Según Valladolid (2001), el sistema radical del frijol se origina a partir de la radícula del embrión, de la cual se desarrolla la raíz principal y, posteriormente, las raíces secundarias, terciarias y las sucesivas ramificaciones. En los puntos de crecimiento de estas estructuras se encuentran los pelos absorbentes, encargados de la absorción de agua y nutrientes del suelo. Asimismo, señala que la mayor parte del sistema radical se concentra en los primeros 20 cm de profundidad, aunque en suelos sueltos y de buena fertilidad las raíces de variedades bien adaptadas pueden alcanzar aproximadamente un metro de longitud. Además, indica que es común la presencia de nódulos poliédricos de entre 2 y 5 mm de diámetro, colonizados por bacterias del género *Rhizobium*, las cuales fijan el nitrógeno atmosférico, permitiendo su aprovechamiento por la planta y favoreciendo el aporte de este elemento al suelo.

Tallo. El tallo constituye el eje principal de la planta y se desarrolla a partir del meristemo apical del embrión contenido en la semilla. Durante las primeras etapas de crecimiento predomina la dominancia apical, proceso que da origen de manera progresiva a los nudos y entrenudos, siendo los nudos los puntos donde se insertan las hojas o los cotiledones. Además, el tallo presenta una consistencia herbácea y una sección transversal generalmente cilíndrica o ligeramente angular, característica atribuida a pequeñas irregularidades de la epidermis. Su crecimiento depende de la actividad continua del meristemo terminal, encargado de la formación de nuevos órganos y del alargamiento del eje principal. Asimismo, el tallo suele presentar un diámetro superior al de las ramas y puede adoptar un porte erecto, semipostrado o postrado, de acuerdo con el hábito de crecimiento de cada variedad (Arias et al., 2007).

Hoja. Valladolid (2001) describe la hoja de la siguiente manera:

Las hojas simples son las hojas primarias. Están en posición opuesta en el segundo nudo y caen antes que la planta alcance su máximo desarrollo. Las hojas compuestas, son las hojas trifoliadas típicas del frijol. El foliolo central es simétrico, en tanto que los dos laterales son asimétricos. (p. 16)

Inflorescencia. Las inflorescencias representan una estructura clave en la fase reproductiva de las plantas, ya que determinan la disposición y desarrollo de las flores. En este sentido, Valladolid (2001) menciona que:

Las inflorescencias pueden ser terminales o axilares. Las terminales se dan en los hábitos de crecimiento tipo I. En la inflorescencia pueden distinguirse tres componentes: el eje de la inflorescencia que se compone de pedúnculo y raquis, las bractéolas primarias, y los botones florales. Antes de abrirse las primeras flores, el pedúnculo se alarga rápidamente. El raquis es una sucesión de nudos. Los nudos se distinguen por que en ellos se localizan las brácteas primarias. (p. 17)

Flor. Según Valladolid (2001), la flor de frijol presenta las siguientes características:

Es una típica papilionácea (amariposada). En su desarrollo se pueden distinguir dos estados: el botón floral y la flor completamente abierta. El botón generalmente se abre cuando ocurre la antesis (fecundación). La flor consta de cuatro partes: cáliz, corola, androceo y gineceo. (p. 18)

Fruto. La vaina es un órgano fundamental en las leguminosas, ya que no solo protege las semillas, sino que también presenta características morfoagronómicas importantes para su clasificación y uso. En este contexto, Valladolid (2001) afirma que:

Es una vaina con dos valvas provenientes del ovario comprimido. Las valvas unidas conforman dos suturas. La sutura placentar o dorsal a la que están unidas las semillas y la sutura ventral. La presencia de fibra en las suturas y en la parte interna de las valvas determina la dehiscencia, carácter morfo agronómico importante que sirve para clasificar las variedades. Vainas con mucha fibra en las suturas y en las valvas tienden a abrirse a la madurez de cosecha. Variedades con vainas de este tipo sirven para cosecha en grano seco; en tanto que, vainas sin fibra en las suturas y muy poca en las valvas, sirven para consumo como vainita. (p. 19)

Semilla. Las semillas constituyen la estructura reproductiva esencial de las plantas, ya que aseguran la continuidad de la especie y presentan características variables según la variedad. En relación con lo mencionado, se sostuvo que:

Se originan del óvulo fecundado, son de diferentes formas desde cilíndricas a esféricas y de brillo, de variados colores desde blanco, negro, crema a negro, según la variedad. Presentan las siguientes partes: la cubierta (testa), el hilum y el microfilo. (Cervantes, 2022, p. 7)

Hábito de crecimiento del frijol. El hábito de crecimiento de las plantas constituye un aspecto fundamental que influye directamente en su desarrollo, arquitectura, rendimiento y manejo agronómico. Además, permite clasificar las variedades según sus características morfológicas y su comportamiento en el campo. En este sentido, Arias et al. (2007) menciona cuatro tipos de hábito de crecimiento que son:

Tipo I: hábito de crecimiento determinado arbustivo, con las siguientes características:

- ✓ El tallo y las ramas terminan en una inflorescencia desarrollada.
- ✓ En general, el tallo es fuerte, con un bajo número de entrenudos, de cinco a diez, normalmente cortos.
- ✓ La altura puede variar entre 30 y 50 cm; sin embargo, hay casos de plantas enanas, más cortas.
- ✓ La etapa de floración es corta y la madurez de todas las vainas ocurre casi al mismo tiempo.

Tipo II: hábito de crecimiento indeterminado arbustivo, con las siguientes características:

- ✓ Tallo erecto sin aptitud para trepar, aunque termina en una guía corta. Las ramas no producen guías.
- ✓ Pocas ramas, pero con un número superior al tipo I, y generalmente cortas con respecto al tallo.
- ✓ El número de nudos del tallo es superior al de las plantas del tipo I, generalmente más de 12; como todas las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, estas continúan creciendo.

Tipo III: hábito de crecimiento indeterminado postrado cuyas plantas presentan las siguientes características:

- ✓ Plantas postradas o semipostradas con ramificación bien desarrollada.
- ✓ La altura de las plantas es superior a la de las plantas del tipo I, generalmente mayor a 80 cm.
- ✓ El número de nudos del tallo y de las ramas es superior al de los tipos I y II; así mismo la longitud de los entrenudos, y tanto el tallo como las ramas terminan en guías.
- ✓ El desarrollo del tallo y el grado de ramificación originan variaciones en la arquitectura de la planta. Algunas plantas son postradas desde las primeras etapas de la fase vegetativa; otras son arbustivas hasta prefloración y luego son postradas. Pueden presentar aptitud trepadora.

Tipo IV: hábito de crecimiento indeterminado trepador. Se considera que las plantas de este tipo de hábito de crecimiento son las del típico hábito trepador. Poseen las siguientes características:

- ✓ A partir de la primera hoja trifoliada, el tallo desarrolla la doble capacidad de torsión, lo que se traduce en su habilidad trepadora.
- ✓ Las ramas muy poco desarrolladas a causa de su dominancia apical.
- ✓ El tallo, el cual puede tener de 20 a 30 nudos, puede alcanzar más de 2 m de altura con un soporte adecuado.
- ✓ La etapa de floración es significativamente más larga que la de los otros hábitos, de tal manera que en la planta se presentan, a un mismo tiempo, la etapa de floración, la formación de las vainas, el llenado de las vainas y la maduración. (p. 34)

Fase vegetativa del desarrollo del frijol. Fernández et al. (1985) describen las fases vegetativas de la siguiente manera:

Se inicia en el momento en que la semilla dispone de condiciones favorables para germinar, y termina cuando aparecen los primeros botones florales; en esta fase se forma la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta necesita para iniciar su reproducción. (p. 2)

Etapas V0: Germinación. Fernández et al. (1985) mencionan que la germinación de la semilla comienza cuando esta absorbe agua del suelo, lo que ocasiona su aumento de tamaño y activa el proceso germinativo. En consecuencia, cuando la siembra se realiza

en un suelo con bajo contenido de humedad, el momento del primer riego debe considerarse como la fecha de siembra, debido a que a partir de ese instante se inicia la disponibilidad de agua requerida para la germinación.

Etapas VI: Emergencia. Las etapas iniciales postemergencia conllevan la rectificación y máxima elongación del hipocótilo, seguidas por el despliegue de las hojas primarias preformadas en la embriogénesis. Este proceso morfológico permite proyectar el área foliar e iniciar la transición de la plántula hacia la fase autótrofa mediante fotosíntesis activa (Fernández et al., 1985).

Etapas V2: Aparición de hojas primarias. Fernández et al. (1985) señalan que esta fase comienza cuando aproximadamente la mitad de las plantas del cultivo presentan sus hojas primarias completamente desplegadas. Estas hojas se caracterizan por ser simples o unifoliadas y se encuentran dispuestas de manera opuesta en el segundo nudo del tallo principal. Al alcanzar su desarrollo completo, generalmente adoptan una posición horizontal respecto al eje de la planta.

Etapas V3: Primera hoja trifoliada. Esta etapa fenológica se da por iniciada en el momento en que al menos el 50 % de las plantas que conforman el cultivo despliegan totalmente su primera hoja trifoliada, marcando el inicio del desarrollo vegetativo compuesto (Fernández et al., 1985, p. 17).

Etapas V4: Tercera hoja trifoliada. Respecto a la etapa vegetativa del cultivo de frijol, Valladolid (2001) afirma que:

La tercera hoja trifoliada desplegada en el 50% de las plantas de un cultivo, marca el inicio de la etapa. Se puede observar que la hoja se encuentra aún debajo de la primera y segunda hoja trifoliada. En esta etapa se puede diferenciar algunas estructuras vegetativas tales como el tallo, las ramas y otras hojas trifoliadas. (p. 24)

Fase reproductiva del desarrollo del frijol. Fernández et al. (1985) mencionan que:

Se inicia con la aparición de los primeros botones o racimos florales y termina cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la cosecha; a pesar de ser esta fase eminentemente reproductiva, durante ella las variedades indeterminadas (Tipos II, III y IV) continúan, aunque con menor intensidad, produciendo estructuras vegetativas. (p. 3)

Etapa R5: Prefloración. Fernández et al. (1985) mencionan que la fase reproductiva del desarrollo vegetal se inaugura con la etapa R5, definida cuando el cincuenta por ciento de la población cultivada inicia la diferenciación floral mediante la aparición visible de botones o racimos, según el hábito determinado o indeterminado del genotipo.

Etapa R6: Floración. Vásquez et al. (2023) mencionan acerca de la floración de frijol que:

Cuando está abierta la primera flor en el 50% de las plantas, se ha iniciado la etapa R6. La primera flor abierta corresponde al primer botón formado; por lo tanto, en las variedades de 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 II, III y IV (indeterminadas) empieza en la parte baja de la planta y continúa en forma ascendente. (p. 31)

Etapa R7: Formación de vainas. Fernández et al. (1985) señalan que, después de la fecundación, la corola se marchita y comienza el desarrollo de la vaina. La etapa R7 se inicia cuando el 50% de las plantas presentan la primera vaina formada, pudiendo la corola permanecer adherida o desprenderse del extremo inferior de la vaina.

Etapa R8: Llenado de las vainas. Fernández et al. (1985) describen el inicio de la etapa R8, correspondiente al llenado de vainas, queda marcado cuando el 50 % de la población del cultivo detiene el crecimiento longitudinal de su primera vaina y comienza la translocación activa de reservas hacia las semillas. Fisiológicamente, este cambio de fase se evidencia mediante la inspección de la sutura carpelar, donde se hacen visibles las protuberancias o abultamientos característicos de la acumulación de biomasa en los granos en desarrollo.

Etapa R9: Maduración. La etapa de madurez del cultivo se caracteriza por cambios visibles en la coloración y el estado fisiológico de la planta. “Se inicia cuando la primera vaina del 50% de las plantas de un cultivo cambia su color verde por amarillo o pigmentado; las hojas, empezando por las inferiores, adquieren un color amarillo y se caen” (Fernández et al., 1985, p. 28).

Requerimientos ambientales. Respecto a los requerimientos ambientales del frijol, Valladolid (2001) señala que este cultivo presenta adaptación a diferentes condiciones climáticas y tipos de suelo, alcanzando un mejor desarrollo en temperaturas comprendidas entre 18 y 26 °C. Las temperaturas extremas y los periodos prolongados de sequía afectan el crecimiento de la planta y reducen su capacidad productiva.

Suelo. Como señala Valladolid (2001), el frijol presenta capacidad de adaptación a diversos tipos de suelo; sin embargo, alcanza un mejor crecimiento y rendimiento en suelos francos, especialmente de textura franco-arenosa, franco-arcillosa y franco-limosa, siempre que sean profundos y con adecuada fertilidad. Los suelos excesivamente de arcillosos o arenosos y con baja disponibilidad de nutrientes limitan el desarrollo del cultivo. Los suelos arcillosos, debido a su mayor tendencia a la compactación y al deficiente drenaje, restringen el crecimiento del sistema radical y generan condiciones favorables para el establecimiento y proliferación de hongos fitopatógenos presentes en el suelo.

1.2.4. Manejo agronómico de frijol

Preparación del terreno. En cuanto a la preparación del suelo para la siembra, de cultivos “una buena preparación del suelo provee las condiciones adecuadas para que las semillas del cultivo presenten una buena germinación, se desarrolle con un excelente vigor y obtengamos una excelente producción” (Asociación de Productores de Santa Lucía [ASOPROL], 2009, p. 3).

Época de siembra. En la agricultura campesina, la planificación de la siembra está estrechamente ligada a las condiciones climáticas y a la disponibilidad de recursos del agricultor. En ese sentido, Arias et al. (2007) manifiestan que:

En cultivos de economía campesina como el frijol, las épocas de siembra dependen de varios factores, en especial el clima (lluvias) y la disponibilidad de mano de obra del agricultor. Como la mayoría de los agricultores no utilizan riego para el cultivo, las siembras se hacen principalmente al inicio de los dos ciclos de abundantes lluvias en el año, marzo y abril en el primer semestre, septiembre y octubre, en el segundo. (p. 58)

Densidad de siembra. El manejo de la densidad de siembra es un factor clave en la productividad del frijol arbustivo, ya que influye directamente en el rendimiento del cultivo. En este contexto, Ríos et al. (2003) mencionan que:

Para frijol arbustivo en monocultivo, la población óptima por hectárea depende de la variedad. Existen variedades, como ICA-Palmar que por su porte bajo, admiten hasta 250.000 plantas por hectárea con distancias de 50 a 60 centímetros entre surcos y de 25 a 30 centímetros entre plantas, colocando tres o más semillas por sitio o a 10 centímetros, poniendo una semilla por sitio.

En las variedades arbustivas mejoradas, Ica-Citará, Ica-Quimbaya, Ica-Jaidukamá, Ica-Cafetero, e Ica-Caucayá, entre otras, liberadas en los últimos años para el clima medio en Colombia, la densidad recomendada en monocultivo es de 111.000 plantas por hectárea (surcos a 60 centímetros, plantas a 15 centímetros o surco doble a 30 centímetros y 60 centímetros entre pares de surcos). (p. 6)

Fertilización. Henríquez et al. (1992) señalan que la decisión sobre la fertilización, incluyendo el tipo de fertilizante, la dosis y el momento de aplicación, debe sustentarse en la fertilidad del suelo, determinada mediante análisis químicos, así como en el sistema de cultivo y las prácticas de preparación del terreno. Además, la disponibilidad de agua influye en la respuesta del cultivo, especialmente en lugares donde el riego es limitado y las precipitaciones son escasas.

Lo ideal es realizar un análisis de suelo; sin embargo, de manera general se recomienda aplicar fertilizantes 12-24-12 o 18-46-0 para asegurar una buena nutrición del frijol. Estas mezclas de nitrógeno, fósforo y potasio (N.P.K.) son apropiadas en las primeras fases del cultivo, pues favorecen el desarrollo radicular y el crecimiento inicial de las plantas. Las cantidades aconsejadas oscilan entre 1.5 y 2.0 quintales de 43 kg.

Posteriormente, durante la etapa de prefloración, se sugiere un reabono nitrogenado para potenciar el rendimiento y el llenado de las vainas. Es fundamental realizar la aplicación en bandas al momento de la siembra para evitar el contacto directo con la semilla y prevenir posibles quemaduras (Zúniga, 2012).

La Tabla 1.1 muestra la extracción de nutrientes del cultivo de frijol en función del rendimiento de grano

Tabla 1.1

Extracción de nutrientes del cultivo de frijol

Cultivo	frijol
Rendimiento (t ha ⁻¹)	1.5 – 2.0
N (kg ha ⁻¹)	98
P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	41
K ₂ O (kg ha ⁻¹)	78
CaO (kg ha ⁻¹)	25
MgO (kg ha ⁻¹)	16

Nota. (Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural [AGRORURAL], 2018, p. 105).

Manejo de malezas. Ríos et al. (2003) mencionan que los métodos de control de malezas incluyen aspectos preventivos, culturales, físicos, mecánicos, biológicos y químicos, como se muestra a continuación:

Métodos preventivos: uso de semilla limpia, limpieza de la maquinaria, limpieza de los bordes del cultivo, sustratos y compost limpios, detección precoz de infestaciones de malezas y eliminación de estas antes de que produzcan semilla.

Métodos culturales: rotación de cultivos, cultivos asociados, aumentar densidad de siembra, manejo agronómico del cultivo (época de siembra, preparación del suelo, fertilización).

Métodos físicos: solarización, coberturas inertes.

Métodos mecánicos: Utilizando herramientas mecánicas o manuales.

Métodos biológicos: Mediante la introducción artificial de insectos o patógenos que son capaces de atacar determinadas especies de malezas, reduciendo sus poblaciones hasta niveles aceptables; utilización de herbicidas naturales o bioherbicidas, uso de animales, alelopatías, entre otros. (p. 22)

Riego. El manejo adecuado del agua es uno de los factores más determinantes en la producción agrícola, ya que influye directamente en el desarrollo y rendimiento de los cultivos. En este contexto:

El agua es un factor crítico de importancia en la producción para obtener un buen rendimiento. Se puede decir que el cultivo de frijol es muy sensible al contenido de humedad en el suelo, especialmente cuando la textura es pesada. El exceso de humedad o la poca disponibilidad de agua puede producir efectos nocivos en la producción. (Escoto, 2004, p. 8)

Manejo de plagas y enfermedades. El manejo integrado de plagas (MIP) es un enfoque sistemático que regula a los insectos para evitar que causen pérdidas económicas en los cultivos, utilizando técnicas culturales, ecológicas, biológicas y químicas. Bajo este mismo principio de prevención económica, el control de enfermedades vegetales mitiga el ataque de patógenos recurriendo principalmente a métodos culturales, biológicos y químicos (Morros, 2001).

Lardizabal et al. (2013) indican que el cultivo de frijol es afectado por diversas plagas y enfermedades. Entre las principales plagas se encuentran los insectos y organismos del suelo, como plagas del suelo (el gusano de suelo, la gallina ciega, los grillos, las babosas y los sínfilidos), la mosca blanca, el lorito verde, los lepidópteros, *Diabrotica* y el picudo de la vaina del frijol. En cuanto a las enfermedades, destacan la roya, la mustia hilachosa, la mancha angular, los mosaicos virales y las enfermedades de origen bacteriano.

Cosecha. La cosecha del frijol en Perú se realiza, en su mayoría, de forma manual, mediante la recolección de las vainas, siendo recomendable realizar esta labor durante las primeras horas de la mañana. Posteriormente, las vainas se exponen al sol para reducir su contenido de humedad antes del trillado, el cual puede llevarse a cabo manualmente, mediante golpes con un palo o utilizando trilladoras mecánicas para separar los granos. Finalmente, los granos se someten a un secado al sol sobre mantas o sacos, evitando su contacto directo con el suelo y facilitando su manipulación durante las etapas posteriores (Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA], 2020).

Postcosecha. Valladolid (2001) señala que, antes del almacenamiento, el grano o la semilla de frijol debe presentar un adecuado grado de secado para preservar su calidad y reducir el riesgo de deterioro. También recomienda envasarlo en sacos debidamente identificados con el nombre de la variedad y conservarlo en una bodega limpia, fresca, seca y con buena ventilación, protegida de cualquier fuente de humedad. De la misma forma, indica que los sacos de yute deben colocarse preferentemente sobre tarimas de madera, ya que esta práctica favorece la circulación del aire entre los sacos, contribuye a mantener condiciones adecuadas de conservación y facilita las labores de limpieza y desinfección del almacén cuando sean necesarias.

1.2.5. Variedades de frijol

Frijol calima negro. Basantes (2015) menciona que, en Ecuador, las variedades de frijol negro de mayor importancia son Calima y Caraota, las cuales presentan amplia aceptación tanto en el mercado nacional como en el internacional. Su consumo es frecuente en países como Cuba, México, Brasil, Colombia y Venezuela; a pesar de ello, una parte importante de la producción ecuatoriana se destina a la exportación hacia Europa, debido a la creciente demanda de este grano. Del mismo modo, indica que estas variedades se adaptan favorablemente a condiciones de clima cálido y templado, lo que favorece su desarrollo y producción.

Ica Cerinza. Díaz y Fonseca (2004) describen esta variedad de frijol como una planta de crecimiento erecto que alcanza aproximadamente 45 cm de altura. Señalan que presenta ramas laterales cortas, hojas de gran tamaño y color verde claro, además de flores blancas. De igual manera indican que sus vainas se caracterizan por su uniformidad en tamaño, número de granos y distribución en la planta. En cuanto a la semilla, mencionan que posee una coloración rojo oscuro, forma ovoide alargada y dimensiones cercanas a 15 mm de longitud y entre 7 y 9 mm de ancho. A su vez, reportan que el peso de 100 semillas con un contenido de humedad del 14% es de aproximadamente 53 g.

Frijol calima. Cornelio (2015) describe al frijol Calima como una variedad de hábito de crecimiento arbustivo y porte erecto, que alcanza una altura aproximada de 45 a 55 cm. esta variedad presenta una buena capacidad productiva, evidenciada por la

formación de entre 18 y 44 vainas por planta. Asimismo, señalan que la planta posee hojas trifoliadas, flores de color blanco y vainas que contienen, en promedio, de cuatro a cinco granos. En relación con las características de la semilla, mencionan que es de forma cilíndrica, con bordes angulares y una coloración roja con moteado claro, rasgos que facilitan su identificación. Finalmente, destacan que el frijol Calima se adapta adecuadamente a condiciones de clima cálido a templado, desarrollándose favorablemente en altitudes comprendidas entre los 800 y 1800 m s. n. m.

Frijol blanco. Cornelio (2015) describe que esta variedad de frijol presenta un hábito de crecimiento erecto con ramificación corta, tallos pigmentados de color verde, racimos florales erguidos y corola de tonalidad blanca. Las vainas son de sección achatada, levemente curvadas, con una longitud de 15 a 18 cm y un potencial de rendimiento de 14 a 18 granos por fruto; su coloración evoluciona de verde en estado inmaduro a amarillo claro en la madurez fisiológica. Los granos se caracterizan por una testa blanca uniforme sin pigmentación en la zona del hilo, forma alargada y un calibre grande definido por una masa promedio de 15 g por 100 semillas. En cuanto a su cronología fenológica, el inicio de la antesis ocurre aproximadamente a los 38 días posteriores a la siembra (DDS), manteniendo un período de floración mínimo de 14 días y completando su ciclo vegetativo total en un estimado de 85 días.

1.2.6. Malezas

El manejo de malezas constituye un factor clave en el desarrollo del cultivo de frijol, especialmente durante las primeras etapas de crecimiento, debido a su limitada capacidad competitiva. En este contexto, Ávila et al. (2014) señalan que:

El frijol es un cultivo que no compite adecuadamente con la maleza sobre todo en las etapas iniciales de su desarrollo donde la maleza compite por luz, agua y nutrientes siendo a su vez un reservorio para el establecimiento de enfermedades y de plagas insectiles que afectan en forma adversa el desarrollo y crecimiento del cultivo, los daños de malezas además de competir con el cultivo nos reducen los rendimientos y la calidad de la semilla. (p. 55)

En concordancia, las malezas se definen como plantas no deseadas que se desarrollan dentro del cultivo o en áreas cercanas, generando efectos perjudiciales debido

a la competencia que establecen por recursos esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta, como agua, nutrientes y radiación solar. En el cultivo de caraota, el periodo crítico de interferencia de las malezas comprende entre los 10 y 30 días posteriores a la emergencia, etapa en la cual es necesario mantener el cultivo libre de estas especies para evitar afectaciones en el rendimiento productivo. La presencia de malezas no solo ocasiona una reducción del rendimiento por la competencia directa con el cultivo, sino que también modifica las condiciones microclimáticas del área cultivada y puede favorecer la presencia de organismos plaga que afectan el desarrollo normal de las plantas. Durante las fases de maduración y cosecha, una elevada infestación de malezas provoca diferencias en la madurez del cultivo, dificulta las labores de recolección y trilla, y puede incrementar las pérdidas durante el proceso productivo (Morros, 2001).

1.2.7. Plagas

Gusano de tierra. Según Vásquez et al. (2023), los gusanos de tierra ocasionan daños que afectan el establecimiento y desarrollo del cultivo. En este sentido, indican:

El ataque de gusanos de tierra produce la muerte de plantas, determinando la necesidad de resembrar los campos y, en casos de ataques severos, sembrarlos nuevamente. La pérdida de plantas y la resiembra repercuten en el aumento del costo de semilla y mano de obra, sobre todo cuando la inversión en estos rubros es alta; dificulta la mecanización de las labores culturales debido a diferentes estados de desarrollo de plantas y finalmente aumenta la susceptibilidad al ataque de microorganismos debido a las lesiones en el tallo y raíces. (p. 50)

Mosca minadora. Vásquez et al. (2023) describen los daños ocasionados por las larvas y adultos de esta plaga en el cultivo de frijol. Al respecto, mencionan:

Los daños son ocasionados en mayor porcentaje por las larvas, las que realizan minas en forma serpenteante en las hojas. Como consecuencia de la alimentación larval, las hojas pierden o reducen considerablemente su capacidad de fotosíntesis por la disminución del área foliar, produciéndose una defoliación parcial o total de la planta. Los adultos por sus hábitos de alimentación y oviposición producen daños que tienen relativa importancia económica. (p. 56)

Áfidos. El control de plagas en el cultivo de frijol es un aspecto importante dentro del manejo fitosanitario, especialmente cuando estas afectan de manera indirecta al cultivo al transmitir enfermedades. En este sentido:

El daño físico de los áfidos en frijol no tiene mayor importancia económica; los convierte en plagas importantes su capacidad para transmitir los virus del mosaico común y del mosaico amarillo. Se controlan bien por avispidas parásitas y por depredadores, tales como los coccinélidos y los sírfidos. Si se necesita control químico se puede usar dimetoato, pirimicarb, malatión o demetón. (Cardona et al., 1982, p. 124)

Diabrotica balteata. La perturbación causada por las poblaciones adultas de *Diabrotica balteata* incide negativamente tanto en la arquitectura morfológica como en el estado sanitario del cultivo de frijol. La plaga consume activamente tejidos vasculares y parenquimáticos de hojas, inflorescencias y vainas en formación, provocando lesiones foliares y un debilitamiento estructural acelerado. El impacto de esta defoliación resulta crítico durante la ventana fenológica de los primeros 20 días de desarrollo del cultivo, momento en el cual la plántula carece de reservas suficientes para compensar el daño foliar, lo que genera fallas en el estado de plantas por mortandad directa. Por otra parte, la importancia económica de *D. balteata* se duplica al considerarse un vector clave en la dinámica de infección de patologías virales sistémicas. Su actividad alimenticia facilita la inoculación y propagación de virus responsables de cuadros sintomáticos graves, tales como el mosaico de las vinas y las variantes suave, severa, rugosa y sureña del mosaico del frijol, los cuales inducen clorosis, deformaciones foliares y reducciones drásticas en la producción final (Salguero et al., 1992).

1.2.8. Enfermedades

Antracnosis. Vásquez et al. (2023) detallan la sintomatología de esta enfermedad en el cultivo de frijol, señalando lo siguiente:

En plántula, los síntomas se observan en el hipocótilo como pequeñas lesiones de color marrón oscuro, de aspecto acuoso, ligeramente hundidas y de forma ovaladas. En las hojas los síntomas iniciales se observan en el envés; en las vainas, estos se inician con lesiones pequeñas, redondas, color marrón rojizo, de borde definido que crecen y presentan un borde hundido. (p. 56)

Tizón común. Vásquez et al. (2023) detallan las manifestaciones de la enfermedad en hojas, vainas, tallos y semillas, señalando lo siguiente:

La enfermedad ataca a las hojas, vainas, tallo y semillas. En hojas, se inicia como pequeñas manchas acuosas que se oscurecen, aumentan de tamaño y se unen para dar aspecto de quemadura, con borde amarillo claro. En frutos, se observan en pequeñas manchas húmedas que se vuelven de color café oscuro con el borde rojizo. (p. 57)

Pudrición radical por *Fusarium*. Las fitopatologías radiculares en el cultivo de frijol se manifiestan mediante una evolución sintomática bien definida en el sistema radicular. Inicialmente, las infecciones se expresan a través de decoloraciones o lesiones eritematosas de tonalidad rojiza que, progresivamente, sufren procesos de necrosis tornándose pardas o marrón oscuro mientras se expanden. Estas lesiones pueden confluir hasta abarcar la totalidad de la biomasa radical, distribuirse en forma de franjas vasculares longitudinales o manifestarse mediante fisuras y agrietamientos en la epidermis de la raíz (Cardona et al., 1982).

Mancha angular (*Isariopsis griseola*). Según López et al. (1985), el desarrollo de la enfermedad presenta una sintomatología característica durante el ciclo del cultivo. En este sentido, señalan que:

Los síntomas aparecen 6 días después de la inoculación. Dado que el inóculo del patógeno proviene principalmente de los restos de cosecha contaminados, pero también de semilla contaminada con el patógeno, las lesiones pueden aparecer inicialmente en las hojas primarias y solo se generalizan en la planta después de la floración, o cuando comienzan a formarse las vainas. Cuando el ataque se presenta en las hojas primarias, los síntomas se manifiestan como manchas semicirculares, con esporulación en ambos lados de la hoja, pero esta acontece generalmente en el haz. (p. 180)

Pudrición radical por *Rhizoctonia* (*Rhizoctonia solani*). Cardona et al. (1982) describen las condiciones favorables para el desarrollo de esta enfermedad y los daños que ocasiona en el cultivo de frijol. Al respecto, señalan:

La enfermedad se desarrolla en temperaturas de moderadas a bajas y en humedad de suelo de moderada a alta. El patógeno puede atacar severamente las plántulas y causar podredumbre del pie (*damping-off*). Además, puede producir pudrición radical y chancros en el tallo, debajo y encima de la superficie del suelo. Puede atacar las vainas y las ramas en contacto con el suelo. Los ataques iniciales a la raíz y del hipocótilo resultan en chancros o depresiones de color café rojizo, casi siempre oblongos o alargados y algunas veces casi circulares, que pueden estar rodeados por un borde un poco más oscuro. (p. 66)

1.2.9. Virus

Virus del mosaico dorado del frijol (*Bean golden mosaic virus*). El virus del mosaico dorado del frijol (BGMV) es una de las principales enfermedades del cultivo en zonas tropicales de América Central y Brasil. Es transmitido por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), cuya población disminuye bajo condiciones de bajas temperaturas y lluvias. En variedades susceptibles provoca mosaicos amarillos, deformación de vainas y reducción del crecimiento de las plantas, pudiendo ocasionar pérdidas de hasta el 100%. (Cardona et al., 1982, p. 18)

1.2.10. Frijol Caraota

González (2008, como se citó en Medina, 2016) describe las características morfológicas del cultivo de frijol Caraota de la siguiente manera:

Es una planta leguminosa dicotiledónea, anual y herbácea. Presenta un sistema radicular superficial con desarrollo de raíces secundarias y terciarias, cuyo mayor volumen se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad del suelo. Presenta nódulos distribuidos de las raíces laterales superiores, estos nódulos son colonizados por bacterias Rizobianas, las cuales fijan nitrógeno atmosférico. El tallo es cilíndrico y sub-glabro o pubescente, puede ser verde, morado o rosado. Tiene un incremento progresivo en la longitud de los entrenudos y se pueden clasificar cuatro tipos de hábitos de crecimiento: arbustivo, indeterminado arbustivo, indeterminado postrado e indeterminado trepador; según la terminación apical del tallo y de las ramas, o de si se forma un racimo o un meristemo apical. (p. 6)

Asimismo, la “Caraota es un tipo de frijol de grano negro pequeño de amplia adaptación. Se le puede cultivar en costa, sierra y selva. La producción actual está circunscrita a pequeñas de áreas de Apurímac y Cusco” (Valladolid, 2016, p. 41).

Además, Portillo et al. (2020) describen esta variedad de frijol como una planta de hábito de crecimiento arbustivo de media vara, con capacidad de alcanzar una altura aproximada de 1.5 m. Se desarrolla favorablemente en zonas ubicadas entre los 1400 y 1800 m s. n. m., presentando un ciclo productivo cercano a los cuatro meses bajo condiciones de secano. Sus vainas alcanzan una longitud entre 15 y 18 cm, con tonalidades verdes y moradas durante su desarrollo, mientras que el grano se caracteriza por presentar una coloración negra y un peso comprendido entre 18 y 25 g por cada 100 g de semilla.

Por otro lado, el agua es un factor clave en el desarrollo del cultivo. Depende de una adecuada distribución durante sus etapas fenológicas para lograr un buen rendimiento:

La cantidad de agua requerida por la Caraota oscila entre los 300 y 500 mm; esto nos indica que es un cultivo poco exigente en cuanto a cantidad, pero si necesita una adecuada distribución del agua durante su ciclo. Durante la germinación se requiere suficiente humedad a fin de iniciar el proceso; los rendimientos se ven afectados debido a la reducción de vainas, si durante la época de floración se presenta déficit de agua; si el déficit ocurre durante la formación del grano, se reduce el número de vainas y granos y si es durante la etapa de llenado de grano se reduce el peso de los mismos. (Morros, 2001, p. 25)

Asimismo, la temperatura óptima para el desarrollo adecuado de:

La planta de Caraota crece bien entre temperaturas promedio de 15 a 27 °C, aunque hay un gran rango de tolerancia entre las distintas variedades cultivadas. En términos generales, bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que altas temperaturas lo aceleran. (Morros, 2001, p. 26)

Finalmente, las características óptimas del suelo para el frijol están relacionadas con sus propiedades físicas y químicas. Morros (2001) menciona que la caraota presenta

mejor desarrollo en suelos de textura ligera, con adecuada fertilidad y buena permeabilidad del subsuelo, condiciones que favorecen el crecimiento radicular y evitan problemas de acumulación excesiva de agua. En suelos donde se presenta formación de costras superficiales, la emergencia del hipocótilo puede verse limitada, por lo que los productores aplican prácticas como la cobertura de la semilla con aserrín para facilitar la emergencia. El cultivo requiere un pH entre 5.5 y 7.0 para un adecuado crecimiento, siendo necesario realizar correcciones cuando los valores se encuentran fuera de este intervalo.

En la Tabla 1.2, se indica el valor nutricional de frijol negro de grano seco

Tabla 1.2

Composición nutricional de frijol negro de grano seco

Frijol	Valor nutricional
% agua	10.4
Kcal	343.0
Proteína (g)	22.7
Grasas (g)	1.6
Carbohidratos (g)	61.6
Fibra total (g)	18.37
Calcio (mg)	134.0
Fósforo (mg)	415.0
Hierro (mg)	7.1
B1 (mg)	0.47
Vitamina C (mg)	1.0
Potasio (mg)	1464.0
Sodio (mg)	8.0
Zinc (mg)	2.55
B6 (mg)	0.53
Ácido fólico (µg)	463.0
Fracción comestible (%)	1.0

Nota. (Menchú & Mendez, 2007, p. 30).

Rendimiento. Velarde (2000, citado por Pareja, 2011), al estudiar el efecto de la inoculación con Rizomack en el rendimiento de cinco variedades de frijol de grano negro encontró los siguientes resultados:

- ✓ Porrillo Sintético 4384.40 kg ha⁻¹
- ✓ CIAT 1-167 4226.63 kg ha⁻¹
- ✓ EEUUI-64 3326.08 kg ha⁻¹
- ✓ Guatemala I-37 3112.19 kg ha⁻¹

El estudio realizado en Canaán - 2735 m s. n. m., Ayacucho, con diferentes densidades de guano de isla en el cultivo de frijol Caraota según Pareja (2011) obtuvo:

El rendimiento de frijol Caraota con la aplicación de Guano de Isla obedece al modelo $y = 1984.9 + 0.9917X$; correspondiendo los rendimientos más altos (2729.11 a 3010.44 kg ha⁻¹) a los cuales se aplicó niveles de 750 a 1000 kg ha⁻¹ de Guano de Islas respectivamente. (p. 42)

Asimismo, en un estudio realizado en Canaán-Ayacucho en tres variedades de frijol negro con y sin tutorado, con abono de fondo de Fosfato di amónico, Cloruro de potasio y Urea. Según Huaranca (2023) da a conocer que:

En el cultivo del frijol el rendimiento de grano se expresa al 14% de humedad. Responde al tutorado siendo el tratamiento con tutor en cualquier variedad muestra un rendimiento de 2956.66 kg ha⁻¹. En cuanto a las variedades evaluadas es el cultivar Ucayali con un valor de 3124.6 kg ha⁻¹ es la de mayor rendimiento. (p. 39)

Además, en un trabajo de investigación realizado en Canaán - Ayacucho, en cultivo de frijol negro, obtuvo:

Los mayores rendimientos de grano se obtuvieron utilizando 120 y 90 kg ha⁻¹ de nitrógeno con valores de 3635.9 y 3501.6 kg ha⁻¹. En cuanto a los ecotipos, Pampas supera al ecotipo Ucayali con un valor de 3270.12 kg ha⁻¹ en promedio de los niveles de formas de fertilización. (Villar, 2025, p. 43)

Por otro lado, el rendimiento del cultivo de frijol presenta diferencias entre países productores a nivel mundial. Así:

Los rendimientos en los principales países productores van de 2690.4 kg ha⁻¹ en Egipto, 2491.3 kg ha⁻¹ en los Países Bajos, 1994.5 kg ha⁻¹ en Canadá, 1864.8 kg ha⁻¹ en Estados Unidos, 1689.5 kg ha⁻¹ en China y 450.9 kg ha⁻¹ en India. Brasil, que es uno de los países con mayor producción, tiene un rendimiento promedio de 925.5 kg ha⁻¹, ligeramente superior al rendimiento promedio de este cultivo en Venezuela. (Pérez et al., 2013, como se citó en Medina, 2016, p. 9)

Frijol negro variedad Caraota Molinero. Es la variedad del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) denominada Caraota Molinero. Este cultivar pertenece a la clase comercial de caraotas negras y se distingue por sus semillas de tonalidad oscura intensa y forma elipsoide. Asimismo, posee un hábito de crecimiento determinado de tipo arbustivo. Su ciclo vegetativo comprende entre 120 y 136 días después de la siembra (aproximadamente 4.5 meses), periodo en el que alcanza la madurez para la cosecha. Además, destaca por su amplia adaptación a diversos escenarios agroecológicos del Perú, destinándose su producción principalmente al consumo como grano seco.

CAPÍTULO II

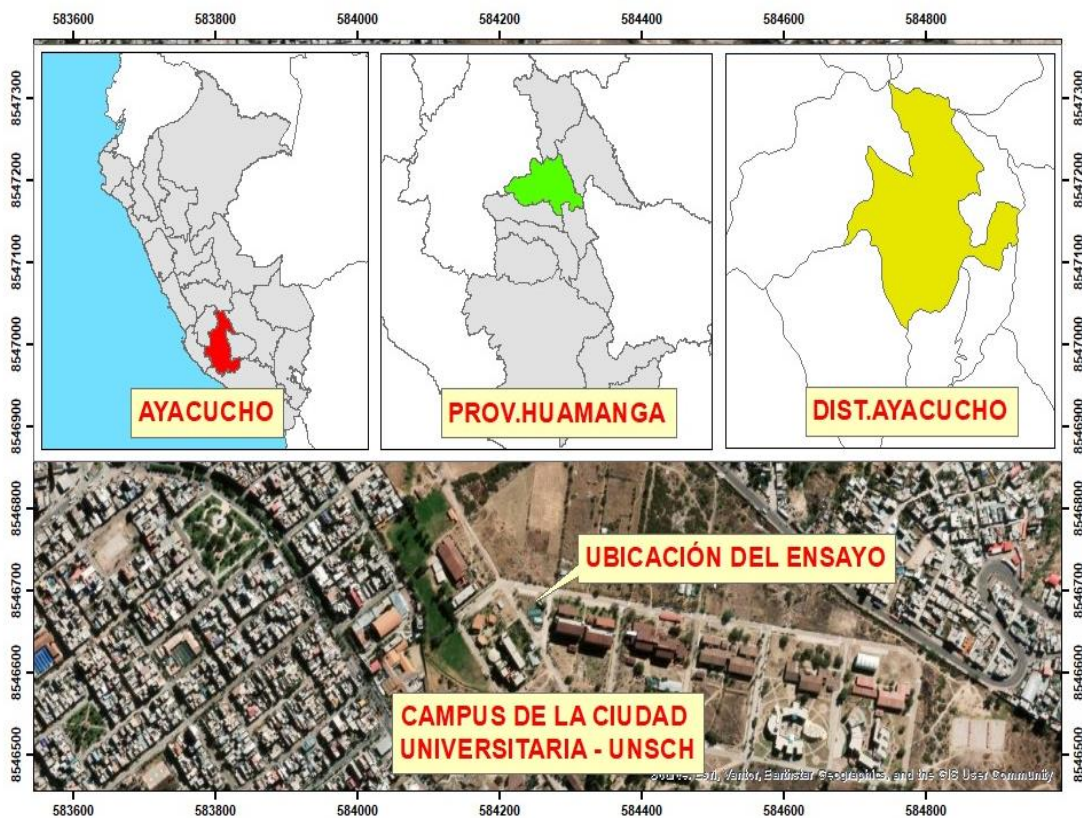
METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en Pampa del Arco, de la Ciudad Universitaria de la UNSCH, ubicada a una altitud de 2760 m s. n. m., Ayacucho, entre las coordenadas geográficas 13° 08' 38" S y 74° 13' 17" O.

Figura 2.1

Mapa de ubicación del ensayo experimental en Pampa del Arco, UNSCH



2.2. Antecedentes del terreno

En el terreno se instaló un proyecto de investigación en 2021 con el cultivo de arveja; desde entonces, el área permaneció en reposo. La capa superficial del terreno estaba compuesta por material de relleno proveniente de las construcciones cercanas a la parcela.

2.3. Características climáticas

Las condiciones climáticas de Ayacucho son variables tal como se muestra en la Tabla 2.1, la temperatura máxima, mínima y media fue: 27.29, 8.23 y 17.76 °C respectivamente, con una humedad relativa de 67.35%, una evapotranspiración de 1036.4 mm y una precipitación de 757 mm. El balance hídrico 2024-2025 en Huamanga (Ayacucho) muestra un clima con marcada estación lluviosa y seca. La precipitación anual (757 mm) se concentra principalmente entre enero y abril, mientras que de mayo a noviembre las lluvias son escasas o casi nulas. En contraste, la evapotranspiración potencial (1036 mm) es mayor que la lluvia anual, lo que genera un déficit hídrico durante gran parte del año. Solo en los meses lluviosos existe exceso de agua temporal, pero en el resto del año predomina la escasez hídrica. La temperatura media anual es de aproximadamente 17.8 °C.

Según la Figura 2.2, durante la campaña agrícola 2024-2025 en la Estación Meteorológica INIA-Canaán (Ayacucho), la temperatura máxima se mantuvo relativamente estable entre 25 y 30 °C, mientras que la temperatura mínima experimentó un incremento desde julio hasta marzo, para luego disminuir hacia junio; por su parte, la temperatura media osciló de manera constante entre 15 y 20 °C. Las mayores precipitaciones se registraron entre enero y marzo, siendo este último el mes más lluvioso del periodo. En contraste, de julio a septiembre y de mayo a junio se presentaron precipitaciones escasas. Asimismo, el balance hídrico mostró un marcado déficit durante los meses secos y un exceso hídrico entre noviembre y abril, coincidiendo plenamente con la temporada de lluvias.

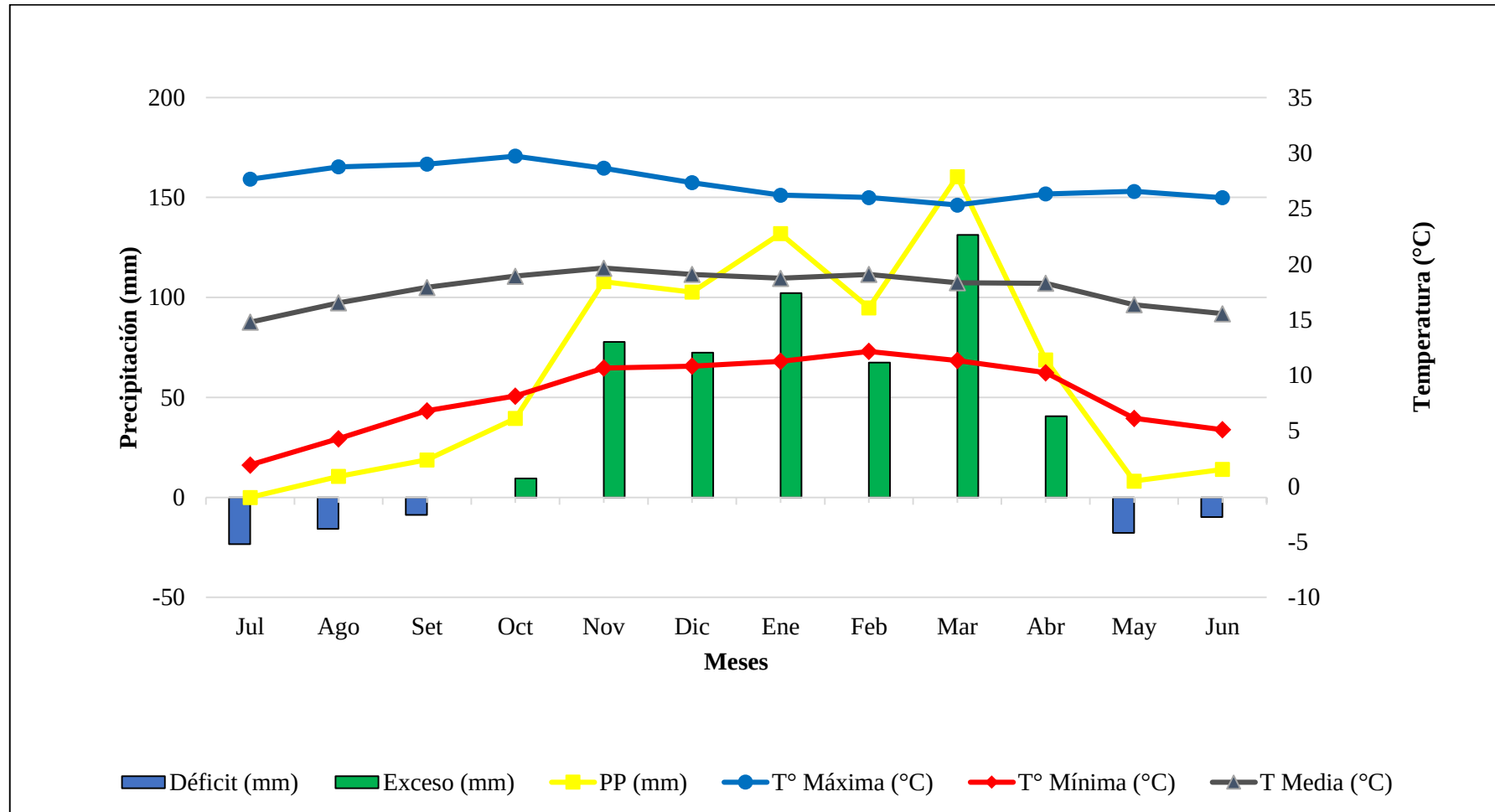
Tabla 2.1

Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, mínima y media), precipitación y balance hídrico de la estación meteorológica INIA-Canaán Ayacucho 2024-2025.

Departamento: Ayacucho Provincia: Huamanga									Latitud: 13° 10' 00.06" S					
Distrito: Andrés Avelino Cáceres Dorregaray									Longitud: 74° 12' 29.7" W			Altitud: 2735 m s. n. m.		
Año		Balance hídrico 2024-2025											Total	Promedio
Meses	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun		
T.° Máxima (°C)	27.64	28.76	29	29.7	28.6	27.33	26.21	26	25.3	26.3	26.6	26	27.29	
T.° Mínima (°C)	1.92	4.28	6.8	8.13	10.7	10.82	11.25	12.2	11.3	10.2	6.12	5.09	8.23	
T.° Media (°C)	14.78	16.52	17.9	18.9	19.6	19.07	18.73	19.1	18.3	18.3	16.3	15.5	17.76	
Humedad R.	58.85	57.81	57.6	59.6	66.3	68.98	71.99	74.7	79.4	74.9	69.3	68.9	67.35	
Factor	4.96	4.96	4.8	4.96	4.8	4.96	4.96	4.48	4.96	4.8	4.96	4.8		
ETP	73.29	81.96	85.9	93.9	94.3	94.6	92.91	85.4	90.9	87.7	81	74.6	1036	
PP (mm)	0	10.5	18.8	39.5	108	102.7	131.9	94.8	160	68.7	8.2	14	757	
ETP Aju (mm)	23.45	26.23	27.5	30	30.2	30.27	29.73	27.3	29.1	28.1	25.9	23.9		
Déficit (mm)	-23.45	-15.73	-8.7								-17.7	-9.86		
Exceso (mm)				9.47	77.7	72.43	102.2	67.5	131	40.6				

Figura 2.2

Climatograma de temperatura (máxima, mínima y media), precipitación y balance hídrico de la Estación Meteorológica INIA-Canaán, Ayacucho 2024-2025



2.4. Características del suelo

Tabla 2.2

Análisis de caracterización del suelo

	Componentes	Valor	Interpretación
Químico	pH	8.02	Fuertemente alcalino
	N total (%)	0.04	Bajo
	P disponible (ppm)	2.5	Bajo
	K disponible (ppm)	249.7	Alto
	Materia orgánica (%)	0.87	Bajo
	C.E. (ds/m)	2.37	Ligeramente salino
	Carbonatos (%)	4	Medio
	C.I.C. (cmol(+)/kg)	30.8	Alto
Físico	Arena (%)	59.3	
	Limo (%)	20.9	FR-Ao
	Arcilla (%)	19.8	
	Clase textural		Franco arenoso

Nota. Programa de Investigación en Pastos y Ganadería “Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar”.

De acuerdo con la Tabla 2.2, el suelo de Pampa del Arco, tiene las siguientes características: reacción fuertemente alcalina, nitrógeno total bajo, fósforo disponible bajo, potasio disponible alto, materia orgánica baja, conductividad eléctrica ligeramente salina, nivel medio de carbonatos, capacidad de intercambio catiónico alta y textura del suelo franco arenoso (Girón, 2024; Salgado & Ottos, 2025).

2.5. Material vegetal

Se empleó una variedad de frijol negro: Caraota Molinero.

2.6. Factores en estudio

2.6.1. Tipos de cobertura

Indicadores:

- ✓ Sin cobertura
- ✓ Cobertura con plástico
- ✓ Cobertura con rastrojo

2.6.2. Práctica de labranza de conservación

Indicadores:

- ✓ Labranza mínima
- ✓ Labranza en franjas

2.7. Tratamientos

De la combinación de los factores de estudio, se obtienen los siguientes tratamientos:

Tabla 2.3

Tratamientos de los factores en estudio

N.º	Tratamiento	Descripción
1	T1 = C0 × L1	Sin cobertura × labranza mínima
2	T2 = C1 × L1	Cobertura con plástico × labranza mínima
3	T3 = C2 × L1	Cobertura con rastrojo × labranza mínima
4	T4 = C0 × L2	Sin cobertura × labranza en franjas
5	T5 = C1 × L2	Cobertura con plástico × labranza en franjas
6	T6 = C2 × L2	Cobertura con rastrojo × labranza en franjas

2.8. Características del campo experimental

2.8.1. Esquema de distribución de las unidades experimentales y del campo experimental

Largo de la parcela	:	2.0 m
Ancho de la parcela	:	2.40 m
Área de la parcela	:	4.80 m ²
Ancho del surco	:	0.60 m
Orientación del surco	:	Surco horizontal
Número de surcos por parcela	:	4 surcos
Número de surcos a evaluar	:	2 surcos centrales
Número de bloques	:	3 bloques
Número de parcelas (U. E.)	:	18
Ancho de la calle entre bloques	:	0.50 m
Ancho del campo experimental	:	7.0 m

Largo del campo experimental : 14.40 m
 Área total del campo experimental : 100.80 m²

Figura 2.3

Croquis de distribución de parcelas (unidad experimental)

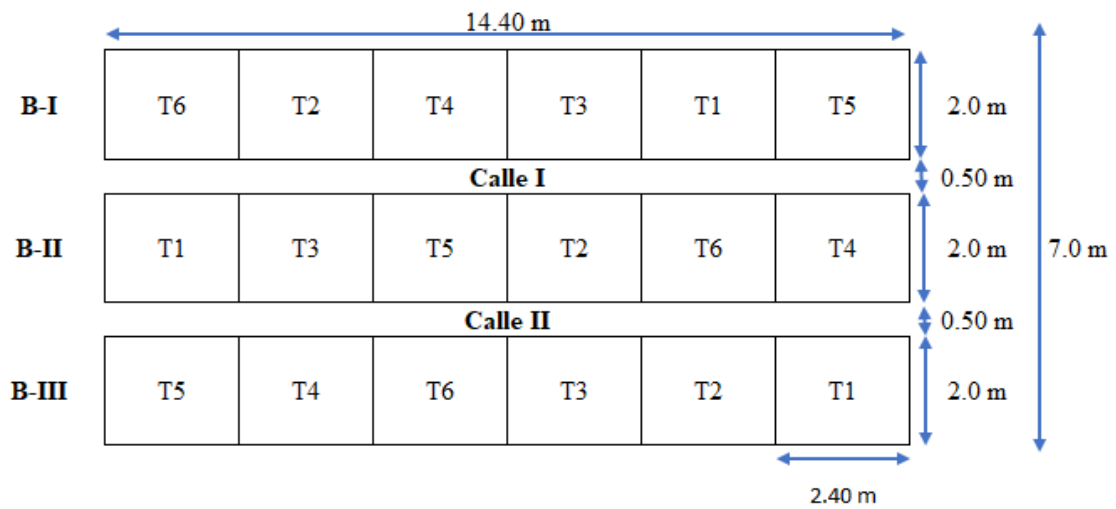
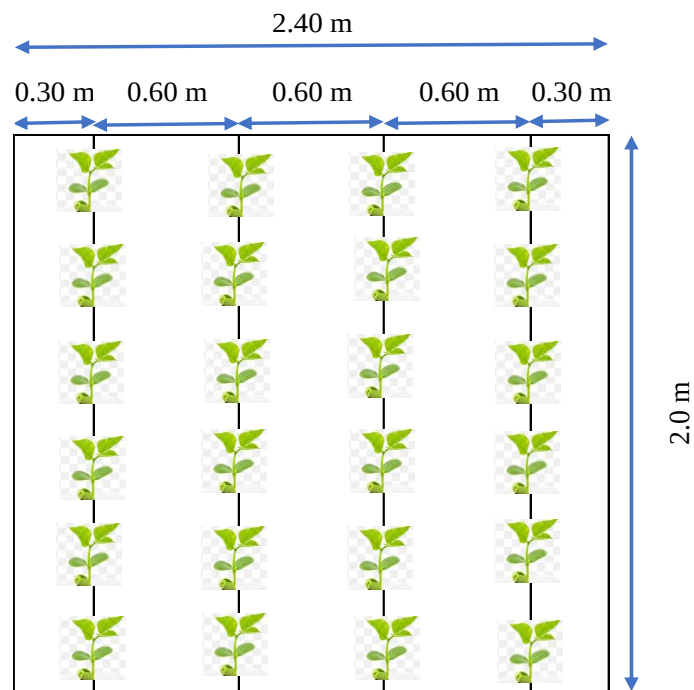


Figura 2.4

Croquis de unidad experimental



2.9. Análisis de datos

2.9.1. Diseño experimental

El trabajo de investigación se instaló utilizando el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con seis tratamientos y un arreglo factorial de tres tipos de cobertura por dos tipos de labranza de conservación, con tres bloques ($3C \times 2L \times 3r$), lo que suma un total de 18 unidades experimentales.

Modelo aditivo linial

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + P_j + (\alpha P)_{ij} + \varepsilon_{ijk};$$

Donde:

Y_{ijk} : Observación del i-ésimo nivel del factor tipos de cobertura, j-ésimo nivel del factor labranza de conservación y k-ésimo bloque

μ : Promedio general

β_k : Efecto del k-ésimo bloque

α_i : Efecto del i-ésimo nivel del factor tipos de cobertura

P_j : Efecto del j-ésimo nivel del factor labranza de conservación

$(\alpha P)_{ij}$: Efecto de la interacción de tipos de cobertura por labranza de conservación

ε_{ijk} : Error experimental en el i-ésimo nivel del factor de tipos de cobertura, j-ésimo nivel del factor labranza de conservación y k-ésimo bloque

2.9.2. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza (ANOVA), con el propósito de determinar diferencias significativas entre tratamientos. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia ($\alpha = 0.05$), identificando los tratamientos con diferencias estadísticas.

2.10. Procedimiento

2.10.1. Instalación

Actividades preliminares. Se realizó la limpieza del área asignada para la investigación, eliminando la vegetación silvestre y los objetos que podían interferir con la demarcación y preparación del campo experimental. Esta labor se realizó un día antes de la instalación del mismo.

Demarcación de campo experimental. Se realizaron los trazos utilizando wincha, cordel, yeso y estacas para delimitar los espaciamientos de los bloques, según el diseño experimental.

Preparación del terreno. Esta labor se desarrolló el 17 de diciembre de 2024. Previo a la siembra, con la ayuda del pico, se habilitaron los dos tipos de labranzas (labranza mínima y labranza en franjas), de acuerdo con las dimensiones y la distribución de los tratamientos en estudio. Las unidades experimentales estuvieron conformadas por cuatro surcos de 2.0 m de longitud, con un distanciamiento de 0.60 m entre surcos.

Siembra. La siembra se realizó el mismo día de la preparación del terreno, depositando la semilla en el fondo del surco, según el tipo de la labranza en estudio, a un distanciamiento de 0.60 metros entre surco y 0.30 metros entre golpes, colocando cuatro semillas por cada golpe.

Fertilización y riego. Al respecto, no se aplicó ninguna fuente de nutrientes durante el experimento. Asimismo, no se realizó riego por conducirse el cultivo en época de lluvias.

Incorporación de cobertura. La aplicación de cobertura se efectuó el 31 de diciembre de 2024, teniendo en cuenta los tipos de cobertura considerados en el trabajo de investigación, los cuales fueron:

Sin cobertura. No se le incorpora ningún tipo de material al suelo.

Cobertura con plástico. Consistió en cubrir la superficie del suelo con plástico de color negro sobre los surcos del cultivo de frijol. Para ello, se utilizaron láminas de plástico de 2.0 metros de largo por 0.40 metros de ancho para cada espacio entre surcos.

Cobertura con rastrojo. Se incorporó rastrojo de diferentes especies vegetales, cubriendo la superficie del suelo de manera uniforme hasta alcanzar un espesor aproximado de 5 a 7 cm.

2.10.2. Conducción del ensayo

Deshierbe. El control de malezas no se realizó de acuerdo con los tratamientos establecidos en el estudio.

Raleo. Esta actividad se realizó el 10 de enero de 2025, manualmente, eliminando las plantas más débiles y mal formadas para dejar únicamente 3 plantas por golpe.

Control de plagas y enfermedades. En un primer momento, se presentó *Diabrotica speciosa* de forma agresiva. Por lo cual, para controlar esta plaga, se realizó la aplicación del plaguicida: MACHAZO® HC. En cuanto a las enfermedades, se presentó la “chupadera fungosa”, para su control, se le aplicó un fungicida: BENZOMIL® 500.

Cosecha y recolección de datos. La cosecha se realizó cuando las vainas alcanzaron su estado de madurez de cosecha, de forma manual, del 28 de abril al 2 de mayo de 2025, extrayendo 10 plantas al azar de los dos surcos centrales de cada parcela experimental, a partir de las cuales se obtuvieron los datos, de los parámetros estudiados.

2.10.3. Parámetros evaluados

Control de malezas

Composición florística de las malezas. Se identificaron las familias y especies de malezas; la densidad poblacional se determinó mediante muestras de 1.0 m² y la frecuencia se calculó con base en las 18 parcelas evaluadas, las cuales representaron el 100%.

Rendimiento de materia fresca y seca (kg ha⁻¹). Se recolectó la muestra de 1.0 m², seleccionadas al azar, y se determinó el pesado de la materia fresca. Posteriormente, se llevó a la estufa de deshidratación para la obtención de materia seca, y luego, mediante inferencia matemática se expresaron los resultados en kilogramos por hectárea.

Rendimiento del frijol

Altura de la planta (cm). Una vez alcanzado el estado de madurez de cosecha del frijol, se tomaron 10 plantas al azar de los dos surcos centrales de cada parcela

experimental, utilizando un flexómetro; se tomó la medida desde el cuello hasta el ápice de la planta, registrando los resultados en centímetros (cm).

Número de ramas por planta (N.º ramas por planta). Para la evaluación de esta variable, se determinó el número de ramas por individuo a partir de una muestra aleatoria de 10 plantas representativas, extraídas de los dos surcos centrales de cada unidad experimental. Las mediciones se reportaron en unidades de número de ramas por planta.

Cantidad de vainas por planta (N.º de vainas por planta). Para recopilar esta información se contabilizó la cantidad de vainas que poseía cada muestra de 10 plantas recolectadas al azar a nivel de los 2 surcos centrales de cada parcela experimental. Los resultados se expresaron como el número de vainas por planta (N.º vainas por planta).

Longitud de vainas (cm). La longitud de las vainas se midió con una regla graduada (cm). Para ello, se evaluaron 5 vainas que poseía cada muestra de 10 plantas recolectadas al azar a nivel de 2 surcos centrales de cada parcela experimental, con un total de 50 observaciones por unidad experimental.

Número de granos por vaina (N.º granos por vaina). Esta variable se evaluó mediante el conteo de granos en una muestra de 5 vainas por planta, obtenidas de 10 plantas recolectadas al azar a nivel de los 2 surcos centrales de cada parcela experimental, con un total de 50 observaciones por unidad experimental. Los resultados se expresaron como número de granos por vaina (N.º granos por vaina).

Rendimiento de grano al 14% de humedad (kg ha⁻¹). Para calcular el rendimiento de grano por hectárea, se cosecharon y trillaron las vainas de los dos surcos centrales de cada parcela experimental. Posteriormente, se realizó el pesaje utilizando una balanza analítica y los resultados se expresaron en kilogramos por hectárea (kg ha⁻¹).

Índice de cosecha (%). Para calcular el índice de cosecha, una vez cosechadas y trilladas las vainas, se obtuvo el rendimiento biológico (correspondiente al peso seco de la planta, que incluye follaje y grano) y el rendimiento agronómico (peso de grano seco). El cálculo del índice de cosecha (%) se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$IC = \frac{RA}{RB} \times 100$$

Donde:

IC = Índice de cosecha.

RA = Rendimiento agronómico, peso seco de grano (peso seco de producto comercial).

RB = Rendimiento biológico, peso seco de la planta total (peso seco del follaje + grano).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Control de malezas

3.1.1. Composición florística de las malezas

La Tabla 3.1, presenta la composición y distribución de especies de malezas identificadas bajo seis tratamientos, resultantes de la combinación de dos tipos labranza (mínima y en franjas), con y sin cobertura (plástico y rastrojo). En total, se registraron 35 especies distribuidas en 16 familias botánicas, siendo Poaceae, Asteraceae y Fabaceae las familias con mayor representación y dominancia dentro del sistema evaluado.

En términos de abundancia, la especie que presentó mayor población total fue *Melilotus indicus* (379 166), con un 26.7% de presencia, apareciendo en todos los tratamientos (100% de frecuencia), lo que indica que se trata de una maleza altamente adaptada a diferentes condiciones de manejo del suelo y cobertura. Otras especies con alta frecuencia fueron *Sonchus oleraceus* (83%), *Avena fatua* (83%) y *Eragrostis tenuifolia* (67%), lo que sugiere que estas Poaceae y Asteraceae se comportan como malezas dominantes dentro del sistema productivo.

Por un lado, los tratamientos sin cobertura (T1 y T4) generalmente presentaron mayores densidades de malezas, lo cual es consistente con la ausencia de una capa protectora que limite la germinación y el establecimiento de especies oportunistas. En el tratamiento T1 se destacaron valores elevados para especies como *Melilotus indicus*, *Cenchrus clandestinus* y *Sonchus oleraceus*, mientras que, en el tratamiento T4, sobresalieron *Avena fatua*, *Sonchus oleraceus* y *Bidens pilosa*.

Tabla 3.1*Población, Abundancia y frecuencia de especies de malezas registradas en los diferentes tratamientos*

Clasificación taxonómica			Población de malezas por tratamiento (pl. ha ⁻¹)						Población total (pl. ha ⁻¹)	Abundancia (%)	Frecuencia (%)
N.º	Familia	Especie	T1	T2	T3	T4	T5	T6			
1	Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i>	16667	0	9722	8333	2778	6944	44444	3.1	44
2		<i>Chenopodium album</i>	16667	5556	13889	5556	2778	13889	58335	4.1	72
3	Apiaceae	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	0	0	4167	0	1389	2778	8334	0.6	17
4		<i>Aspilia mossambicensis</i>	4167	0	0	0	0	0	4167	0.3	6
5		<i>Bidens pilosa</i>	0	4167	12500	19444	2778	12500	51389	3.6	67
6	Asteraceae	<i>Erigeron canadensis</i>	0	1389	0	6944	0	0	8333	0.6	17
7		<i>Helianthus annuus</i>	0	0	0	0	0	1389	1389	0.1	6
8		<i>Sonchus oleraceus</i>	26389	9722	11111	12500	6944	13889	80555	5.7	83
9		<i>Schkuhria pinnata</i>	5556	4167	2778	4167	0	1389	18057	1.3	33
10	Brassicaceae	<i>Rapistrum rugosum</i>	0	2778	4167	0	1389	13889	22223	1.6	33
11		<i>Crotalaria pumila</i> Ortega	0	0	0	2778	0	0	2778	0.2	6
12		<i>Melilotus indicus</i>	106944	36111	73611	84722	15278	62500	379166	26.7	100
13	Fabaceae	<i>Medicago lupulina</i>	6944	1389	0	0	0	0	8333	0.6	11
14		<i>Medicago sativa</i>	9722	2778	11111	6944	0	4167	34722	2.4	33
15		<i>Medicago polymorpha</i>	0	4167	11111	5556	1389	6944	29167	2.1	33
16	Geraniaceae	<i>Erodium malacoides</i>	0	0	0	1389	0	0	1389	0.1	6
17	Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i>	36111	5556	12500	6944	1389	13889	76389	5.4	72
18	Malvaceae	<i>Fuertesimalva echinata</i>	0	0	0	0	1389	2778	4167	0.3	11

19	Nyctaginaceae	<i>Mirabilis viscosa</i>	0	0	0	4167	0	2778	6945	0.5	11
20	Papaveraceae	<i>Argemone mexicana</i>	0	0	4167	5556	0	0	9723	0.7	11
21		<i>Aristida congesta</i>	15278	2778	4167	0	0	4167	26390	1.9	28
22		<i>Avena fatua</i> L.	36111	11111	6944	16667	6944	13889	91666	6.5	83
23		<i>Chloris virgata</i> Sw.	19444	15278	9722	22222	4167	6944	77777	5.5	72
24	Poaceae	<i>Cenchrus clandestinus</i>	36111	11111	2778	12500	5556	0	68056	4.8	61
25		<i>Chloris pycnothrix</i> Hack.	0	0	0	4167	1389	2778	8334	0.6	17
26		<i>Eragrostis tenuifolia</i>	26389	5556	9722	9722	8333	8333	68055	4.8	67
27		<i>Melinis repens</i>	5556	5556	5556	0	1389	0	18057	1.3	28
28		<i>Setaria verticillata</i>	0	0	1389	0	0	0	1389	0.1	6
29	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	11111	12500	4167	6944	8333	11111	54166	3.8	56
30	Primulaceae	<i>Lysimachia foemina</i>	11111	0	9722	5556	1389	6944	34722	2.4	39
31	Scrophulariaceae	<i>Verbascum virgatum</i>	4167	5556	8333	12500	2778	6944	40278	2.8	56
32		<i>Datura stramonium</i>	1389	0	2778	0	0	0	4167	0.3	33
33	Solanaceae	<i>Nicandra physaloides</i>	13889	0	5556	4167	1389	4167	29168	2.1	33
34		<i>Solanum radicans</i>	5556	2778	0	2778	2778	5556	19446	1.4	33
35	Verbenaceae	<i>Verbena brasiliensis</i>	0	8333	9722	4167	1389	2778	26389	1.9	50
Total			415279	158337	251390	276390	83335	233334	1418065	100	

Nota. T1 (sin cobertura x labranza mínima); T2 (cobertura con plástico x labranza mínima); T3 (cobertura con rastrojo x labranza mínima); T4 (sin cobertura x labranza en franjas); T5 (cobertura con plástico x labranza en franjas); T6 (cobertura con rastrojo x labranza en franjas).

Por otro lado, los tratamientos con cobertura, especialmente la cobertura con plástico (T2 y T5) y la cobertura con rastrojo (T3 y T6), mostraron una reducción notable en la presencia de varias especies. Por ejemplo, *Medicago polymorpha*, *Mirabilis viscosa*, *Erigeron canadensis* y *Amaranthus hybridus* presentaron poblaciones muy bajas o nulas en estos tratamientos. Además, la cobertura con rastrojo (T3 y T6) limitó la emergencia de varias gramíneas anuales, como *Chloris pycnothri* y *Melinis repens*, lo que indica un efecto supresor sobre malezas que dependen de la entrada de luz para la germinación.

Los tratamientos con cobertura redujeron tanto la diversidad como la densidad de malezas, mientras que los tratamientos sin cobertura permitieron la emergencia de un mayor número de especies y mayores densidades totales. Estos resultados indican que el uso de cobertura, combinado con un sistema de labranza adecuado, como es el caso del tratamiento T5 (cobertura de plástico x labranza en franjas), es más eficaz en el control de malezas, a diferencia del resto de los tratamientos, para el manejo integrado de malezas en el cultivo de frijol negro.

El efecto de barrera física de la broza concuerda con lo reportado por Mendieta (2015) respaldan claramente el efecto del rastrojo como barrera física. En sus pruebas, las subparcelas con cobertura de maíz mostraron el mejor control de malezas, alcanzando para la 14.^a SDS valores mínimos de apenas 2 y 1.5 plantas por metro cuadrado en las densidades de 93 750 y 66 667 plantas por hectárea. Por el contrario, el testigo sin control reflejó la dinámica de infestación típica: un pico poblacional hacia la 8.^a SDS seguido de una caída gradual hacia la cosecha, finalizando con 480 000 y 410 000 plantas por hectárea. Este declive final no ocurrió por un factor externo, sino por la propia competencia interespecífica que se intensifica a medida que las malezas ganan altura y se auto-somborean.

Por el contrario, la composición florística observada en este trabajo difiere en dominancia respecto a lo informado por Meza (2023) identificó un total de 21 especies a lo largo del periodo vegetativo del cultivo. Entre ellas, *Galinsoga parviflora*, conocida comúnmente como galinsoga, *Portulaca oleracea*, llamada verdolaga, y *Acalypha arvensis*, conocida como gusanillo, se consolidaron como las más persistentes. La primera registró una densidad de 647 494 plantas por hectárea y una persistencia del 15%, seguida

por la verdolaga con 467 822 plantas por hectárea y un 12% de persistencia, mientras que el gusanillo alcanzó 404 313 plantas por hectárea con una presencia del 9.9%. Esta divergencia podría explicarse por las diferencias en la historia agronómica del lote, el tipo de cultivo y las condiciones edafoclimáticas regionales.

Finalmente, Infanzón (2009) menciona que las variaciones en la población de malezas entre tratamientos pueden explicarse por la distribución heterogénea de las semillas en el banco de semillas del suelo y por las diferencias en la profundidad a la que estas se encuentran incorporadas. Dichas condiciones modifican la disponibilidad de humedad, temperatura y oxígeno, factores que regulan el proceso de germinación. Además, las semillas de numerosas especies de malezas presentan mecanismos de dormancia que favorecen una emergencia escalonada, permitiendo sucesivos eventos de germinación durante el ciclo vegetativo del cultivo. Esta dinámica contribuye a las fluctuaciones observadas en la densidad poblacional de malezas a lo largo del periodo de evaluación.

3.1.2. Rendimiento de materia fresca de malezas (kg ha^{-1})

Tabla 3.2

Análisis de varianza del rendimiento de materia fresca de malezas en frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	14452630.840	7226315.420	5.412	0.0255 *
Cobertura (C)	2	18303776.940	9151888.470	6.854	0.0134 *
Labranza (L)	1	5936194.530	5936194.530	4.446	0.0612 ns
Interacción (C $\times$ L)	2	1948228.500	974114.250	0.730	0.5061 ns
Error	10	13352705.450	1335270.54		
Total	17	53993536.260			
C. V (%): 25.79					

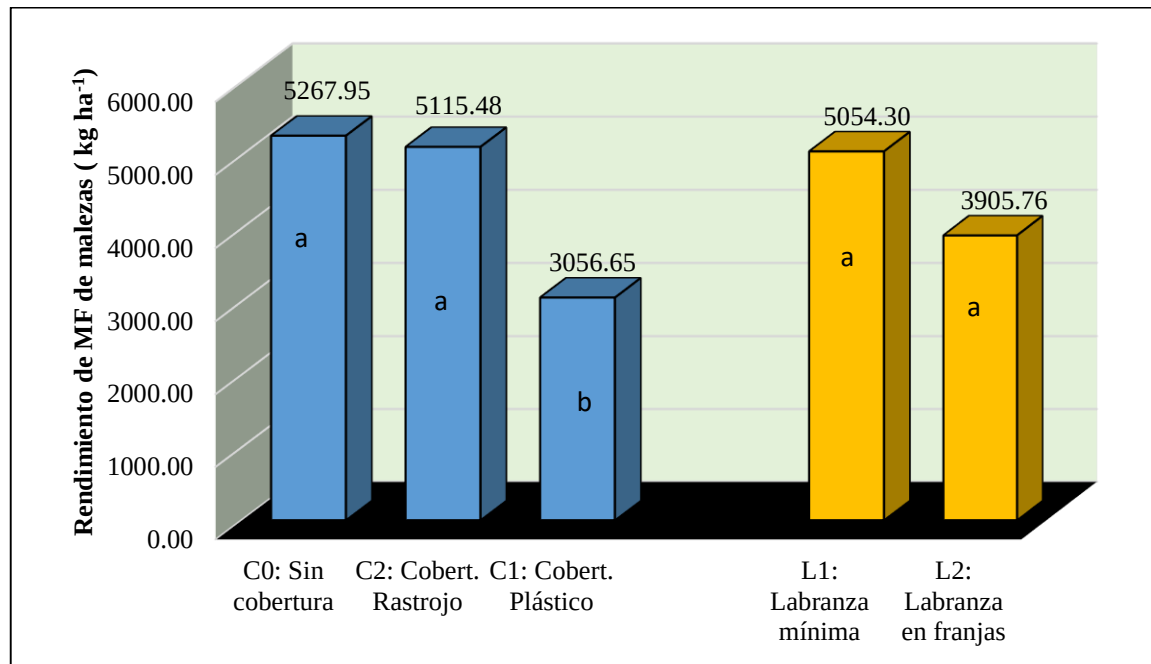
Nota. No significativo (ns); significativo (*); altamente significativo (**).

En la Tabla 3.2 se presenta el análisis de varianza del rendimiento de materia fresca de malezas en frijol, donde se observó significancia estadística para los tipos de cobertura. Por otro lado, la labranza de conservación y la interacción cobertura $\times$ labranza

no mostró efectos significativos. En consecuencia, se procedió al análisis de los efectos principales. El coeficiente de variación fue de 25.79%, reflejando una variabilidad experimental moderada y confiabilidad en los resultados.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de los efectos principales de los tipos de cobertura y la labranza de conservación en el rendimiento de materia fresca de malezas en frijol



Nota. MF = materia fresca.

Según la prueba de Tukey, en la Figura 3.1 se muestra la comparación de las medias del rendimiento de materia fresca de malezas en frijol, bajo los efectos principales de los tipos de cobertura y la labranza de conservación. En cuanto a los tipos de cobertura, el tratamiento sin cobertura presentó el mayor rendimiento, con 5267.95 kg ha⁻¹, seguido de la cobertura de rastrojo, con 5115.48 kg ha⁻¹, siendo ambos estadísticamente similares. Por otro lado, la cobertura con plástico obtuvo el menor rendimiento, con 3056.65 kg ha⁻¹, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos. Respecto a los tipos de labranza de conservación, la labranza mínima registró el mayor rendimiento, con 5054.30 kg ha⁻¹, superando numéricamente a la labranza en franjas, que alcanzó 3905.76 kg ha⁻¹; sin embargo, ambos tratamientos fueron estadísticamente similares entre sí.

Los resultados de esta investigación demuestran que la cobertura con plástico presentó mayor eficacia en el control de malezas, al registrar la menor biomasa fresca de

malezas. Asimismo, la práctica de labranza en franjas mostró mejores resultados que la labranza mínima. En ausencia de cobertura, donde el suelo permanece desnudo, se facilita la emergencia de malezas, las cuales aprovechan los recursos del suelo y acumulan gran cantidad de biomasa fresca de malezas. En contraste, la cobertura con plástico limita la entrada de luz, modifican la temperatura superficial y constituyen una barrera física a la emergencia, lo que reduce drásticamente el rendimiento de materia fresca de malezas.

La alta eficiencia supresora de los acolchados concuerda con lo reportado por Boutagayout et al. (2020), quienes al evaluar acolchados orgánicos y sintéticos (plástico negro, paja de avena y hojas de plátano) en leguminosas, determinaron reducciones drásticas en la biomasa fresca con eficiencias de supresión de entre 80.6% y 86.8% frente a tratamientos sin manejo.

3.1.3. Rendimiento de materia seca de malezas (kg ha^{-1})

Tabla 3.3

Análisis de varianza del rendimiento de materia seca de malezas en frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	687853.810	343926.910	5.169	0.0287 *
Cobertura (C)	2	1124568.630	562284.320	8.449	0.0071 **
Labranza (L)	1	452580.980	452580.980	6.800	0.0261 *
Interacción (C $\times$ L)	2	95694.920	47847.460	0.720	0.5108 ns
Error	10	665396.930	66539.690		
Total	17	3026095.280			
C. V (%): 20.43					

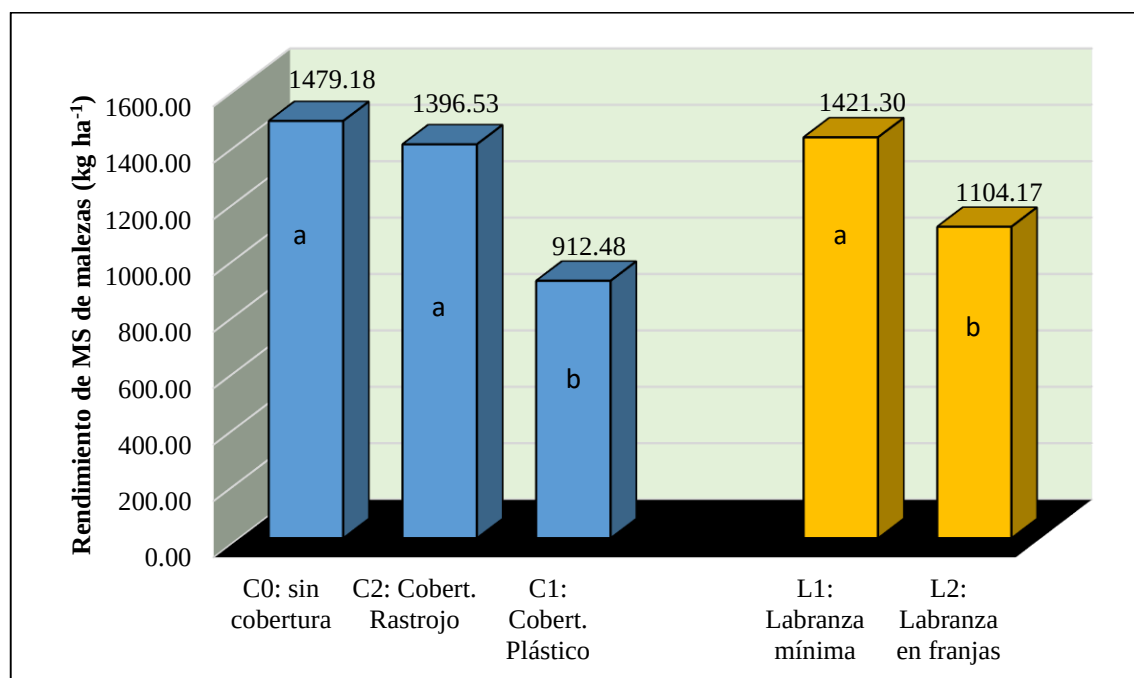
Nota. No significativo (ns); significativo (*); altamente significativo (**).

En la Tabla 3.3 se presenta el análisis de varianza del rendimiento de materia seca de malezas en frijol, donde se aprecia una alta significancia estadística correspondiente a los tipos de cobertura. Por otro lado, la labranza de conservación mostró significancia estadística, mientras que el factor interacción cobertura $\times$ labranza no fue significativo. Esto indica que los factores de tipos de cobertura y labranza de conservación influyeron de forma independiente en el rendimiento de materia seca de malezas, sin presentarse un

efecto combinado; por lo tanto, se procedió a interpretar los efectos principales. El coeficiente de variación fue de 20.43%, reflejando una variabilidad experimental moderada.

Figura 3.2

Prueba de Tukey de los efectos principales de tipos de cobertura y la labranza de conservación en el rendimiento de materia seca de malezas en frijol



Nota. MS = materia seca.

Según la prueba de Tukey, en la Figura 3.2 se muestra la comparación de las medias del rendimiento de materia seca de malezas en frijol, bajo los efectos principales de los tipos de cobertura y la labranza de conservación. En relación con los tipos de cobertura, el sin cobertura obtuvo el mayor rendimiento numérico, con 1479.18 kg ha⁻¹, seguido por la cobertura de rastrojo, con 1 396.53 kg ha⁻¹, siendo ambos estadísticamente similares entre sí; por el contrario, la cobertura con plástico presentó el menor rendimiento, con 912.48 kg ha⁻¹, diferenciándose significativamente de los demás tipos de cobertura. Respecto a la labranza de conservación, la labranza mínima alcanzó el mayor rendimiento, con 1421.30 kg ha⁻¹, siendo estadísticamente superior a la labranza en franjas que registró 1104.17 kg ha⁻¹.

Los resultados de este estudio evidencian una mayor eficacia del acolchado plástico y de la labranza en franjas en la contención del desarrollo malezas, sugiriendo que la cubierta orgánica resulta menos eficiente que la sintética para este propósito. La mayor masa seca acumulada en el testigo desprovisto de cobertura estaría asociada a la exposición continua del suelo, la cual habría promovido flujos ininterrumpidos de germinación. En cambio, el acolchado plástico habría actuado reduciendo los micrositios de emergencia al bloquear el paso de radiación solar. Esta efectividad de las barreras del plástico es consistente con lo reportado por Talavera y Padilla (2000), quienes señalaron que las coberturas con plástico resultaron altamente efectivas para frenar el crecimiento de malezas, registrando un porcentaje de cobertura promedio de solo 0.04%. Por su parte, el tratamiento sin cobertura el suelo queda expuesto, favoreciendo la generación de ciclos continuos de germinación y crecimiento de malezas, lo que explica el mayor peso de materia seca en sin cobertura. En cambio, la combinación de cobertura de plástico con la labranza en franjas reduce los sitios de germinación, limita la luz y disminuye la biomasa seca de malezas. Asimismo, Morales y Herrera (1997) destacan que la cobertura con plástico suprime las poblaciones malezas tanto en suelos disturbados como no disturbados frente a los controles desnudos.

La menor acumulación de biomasa seca en las malezas cobra relevancia al liberar recursos clave para el cultivo. Al respecto, Boutagayout et al. (2020) enfatizan que la reducción en la materia seca de malezas mediante el uso de mulches se traduce en una menor competencia por agua, nutrientes y luz, lo cual explicaría los incrementos productivos de hasta un 53% reportados frente a testigos sin manejo.

3.2. Cultivo de frijol

3.2.1. *Altura de planta*

En la Tabla 3.4 se presenta el análisis de varianza para la altura de planta de frijol, donde se aprecia una alta significancia estadística para la labranza de conservación y la interacción cobertura $\times$ labranza. Por otro lado, los tipos de cobertura mostraron significancia estadística. La presencia de una interacción significativa indica que el efecto de los tipos de cobertura depende del tipo de labranza de conservación, y viceversa, por lo que se procedió a realizar el análisis de los efectos simples. El coeficiente de variación

fue de 11.82%, reflejando una baja variabilidad experimental y una adecuada confiabilidad en los resultados.

Tabla 3.4

Análisis de varianza de altura de planta de frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	13.540	6.770	0.401	0.6799 ns
Cobertura (C)	2	255.290	127.645	7.560	0.0100 *
Labranza (L)	1	176.970	176.970	10.482	0.0089 **
Interacción (C × L)	2	256.210	128.105	7.587	0.0099 **
Error	10	168.840	16.884		
Total	17	870.850			
C. V (%): 11.82					

Nota. No significativo (ns); significativo (*); altamente significativo (**).

Tabla 3.5

Análisis de varianza de la altura de planta de frijol para los efectos simples de la cobertura dentro del sistema de labranza en franjas

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	16.49	8.25	0.23	0.8078 ns
Cobertura	2	470.81	235.41	6.43	0.0563 ns
Error	4	146.46	36.61		
Total	8	633.76			

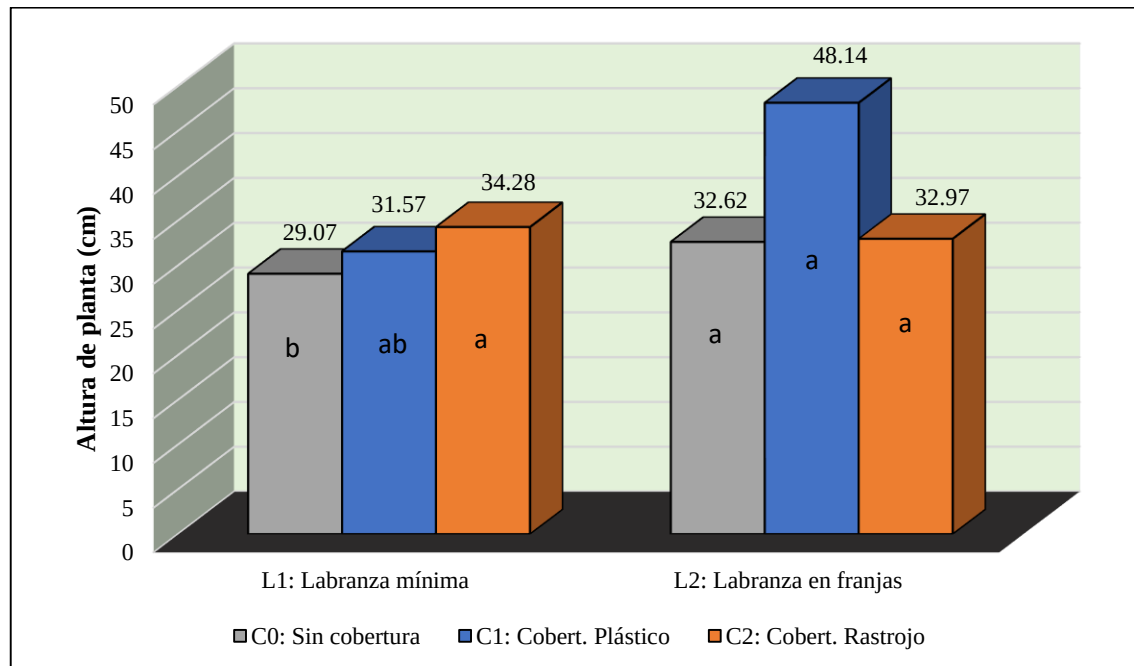
C.V(%): 15.96

En la Tabla 3.5 se presenta el análisis de varianza para la altura de planta de frijol para los efectos simples de la cobertura dentro del sistema de labranza en franjas, donde las fuentes de variación correspondiente a los tipos de cobertura no mostraron significancia estadística. El Cuadro Medio de Error (CME) obtenido fue de 36.61, a partir del cual se calculó una Diferencia Mínima Significativa (DMS) de Tukey de 17.61, esto indica que, para determinar la existencia de diferencias estadísticas significativas entre dos coberturas, la diferencia matemática debe ser mayor a 17.61. Como la diferencia entre

dos coberturas más distantes que se tiene C1 (48.14) - C0 (32.62) es 15.52, la cual es inferior para el requisito de Tukey (17.61), por tanto, no existe significancia estadística entre las tres coberturas evaluadas en el sistema.

Figura 3.3

Prueba de Tukey de los efectos simples de los tipos de cobertura y la labranza de conservación en la altura de planta de frijol



Según la prueba de Tukey, en la Figura 3.3 se muestra la interacción entre dos sistemas de labranza (labranza mínima y labranza en franjas), combinados con tres tipos de cobertura (cobertura con rastrojo, cobertura con plástico y sin cobertura). Bajo el sistema de labranza mínima, la mayor altura de planta de frijol se registró con la cobertura con rastrojo, con 34.28 cm, siendo estadísticamente superior al tratamiento sin cobertura, que alcanzó 29.07 cm, y estadísticamente similar a la cobertura con plástico, que registró 31.57 cm. Mientras que el sistema de labranza en franjas, la cobertura con plástico obtuvo el mayor valor numérico con 48.14 cm, seguido por la cobertura con rastrojo, con 32.97 cm y el tratamiento sin cobertura, con 32.62 cm. Asimismo, en promedio, la práctica de cobertura con plástico llegó a una altura, con 39.85 cm de altura y la práctica de labranza en franjas llegó a una altura promedio de 37.91 cm.

Los resultados indican la interacción entre los tipos de cobertura y labranza de conservación. La altura de planta obtenida en el presente trabajo osciló entre 48.14 y 29.07 cm; el valor mayor correspondió a la combinación de cobertura con plástico y labranza en franjas, mientras que el menor se registró en la combinación sin cobertura y labranza mínima. La combinación de cobertura con plástico y labranza en franjas destacó por ser la combinación más eficiente en el control de malezas, favoreciendo el crecimiento y desarrollo del cultivo de frijol al generar posiblemente un ambiente propicio para la conservación de la humedad y el desarrollo vegetativo. Por el contrario, la ausencia de cobertura presentó los valores más bajos en altura, debido a la menor eficiencia en el control de malezas y a una ligera compactación del suelo, especialmente en la combinación de sin cobertura y labranza mínima.

Este comportamiento coincide con lo reportado por Ramadhani et al. (2024), quienes al evaluar acolchados en frijol común en Tanzania, observaron que el acolchado con plástico alcanzó 68.37 cm de altura y con el mulch 68.26 cm, superando al suelo desnudo (57.74 cm); esto confirma que las coberturas sintéticas y orgánicas favorecen el crecimiento aéreo frente a la ausencia de cobertura. De forma complementaria, Abbasi et al. (2013) observaron en Irán que el uso de paja de trigo ayudó a mantener y elevar la altura de las plantas de frijol incluso bajo condiciones de estrés hídrico. Asimismo, Pedrinho et al. (2018) reportaron en Brasil que el uso de cobertura a base de gramíneas combinado con una óptima fertilización nitrogenada produjo plantas más altas de frijol cercanas a 90.0 y 91.0 cm, vinculando directamente la mejora del microambiente del suelo y la nutrición con un crecimiento aéreo más vigoroso.

Por otro lado, es importante destacar que la altura del cultivo puede verse influenciada negativamente por factores externos como la competencia. Como señalaron Najul y Anzalone (2006), la competencia por luz en parcelas infestadas puede desencadenar un fenómeno de etiolación o alargamiento anormal del tallo. En este ensayo, la falta de cobertura expuso a las plantas a una mayor presión competitiva, restringiendo su desarrollo normal.

Finalmente, al contrastar estos resultados con estudios locales en Canaán, los valores alcanzados resultan inferiores. Huaranca (2023), quien registró valores entre

73.16 y 77.07 cm en tres variedades de frijol de grano negro, con y sin presencia del tutor, y la aplicación de NPK en Canaán. En la misma localidad, Pareja (2011) registró un rango de entre 62.1 y 69.7 cm, con dosis de guano de isla en frijol Caraota, y Villar (2025) obtuvo una variación de 68.14 a 79.76 cm, evaluando dos cultivares de grano negro con la aplicación de nitrógeno, inoculante y abono de fondo NPK. Esta discrepancia evidencia que la arquitectura de la planta responde a un efecto holístico donde convergen el genotipo, la nutrición y el manejo físico del suelo.

3.2.2. Número de ramas por planta

Tabla 3.6

Análisis de varianza del número de ramas por planta de frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	0.141	0.071	0.430	0.6617 ns
Cobertura (C)	2	0.658	0.329	2.007	0.1850 ns
Labranza (L)	1	0.467	0.467	2.849	0.1222 ns
Interacción (C × L)	2	0.458	0.229	1.397	0.2918 ns
Error	10	1.639	0.164		
Total	17	3.363			

C. V (%): 11.13

Nota. No significativo (ns); significativo (*); altamente significativo (**).

En la Tabla 3.6 se presenta el análisis de varianza del número de ramas por planta de frijol, donde no se observaron diferencias significativas correspondientes a tipos de cobertura, labranza de conservación, ni en su interacción de cobertura × labranza, lo que indica que tanto los factores de cobertura como de labranza de conservación, de manera individual o combinada, no influyeron significativamente en el número de ramas por planta. El coeficiente de variación fue de 11.13%, lo que refleja una baja variabilidad experimental.

La falta de respuesta en el número de ramas sugiere que esta variable presenta una elevada estabilidad y baja sensibilidad frente a las modificaciones en el manejo edáfico y físico del suelo durante la fase vegetativa. Esta homogeneidad se atribuiría al carácter

genético de la variedad empleada, ya que al utilizar un solo cultivar, las plantas comparten un potencial de ramificación uniforme que resulta en un promedio general ubicado entre 3.42 y 3.88 ramas por planta.

La estabilidad de los componentes arquitectónicos en las leguminosas es consistente con lo reportado por Lescay et al. (2017), quienes señalaron que los caracteres vegetativos y reproductivos evaluados mostraron una marcada estabilidad fenotípica. Atributos como el ramificado primario, el grosor del tallo y las dimensiones de hojas, vainas y semillas presentaron baja variabilidad y una dispersión mínima, lo que denota una alta homogeneidad morfológica en la población.

Asimismo, con respecto a las cualidades de este cultivo, Muñoz et al. (1993) destacan que el frijol es una especie autógama con reproducción por autofecundación, lo que promueve una alta homogeneidad genética. En consecuencia, en variedades mejoradas, esta estabilidad se refleja en una mínima variabilidad fenotípica y una marcada uniformidad agronómica en campo.

3.2.3. Número de vainas por planta

Tabla 3.7

Análisis de varianza del número de vainas por planta de frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	22.710	11.355	1.733	0.2259 ns
Cobertura (C)	2	56.550	28.275	4.315	0.0446 *
Labranza (L)	1	122.300	122.300	18.663	0.0015 **
Interacción (C × L)	2	55.600	27.800	4.242	0.0463 *
Error	10	65.530	6.553		
Total	17	322.690			

C. V (%): 15.02

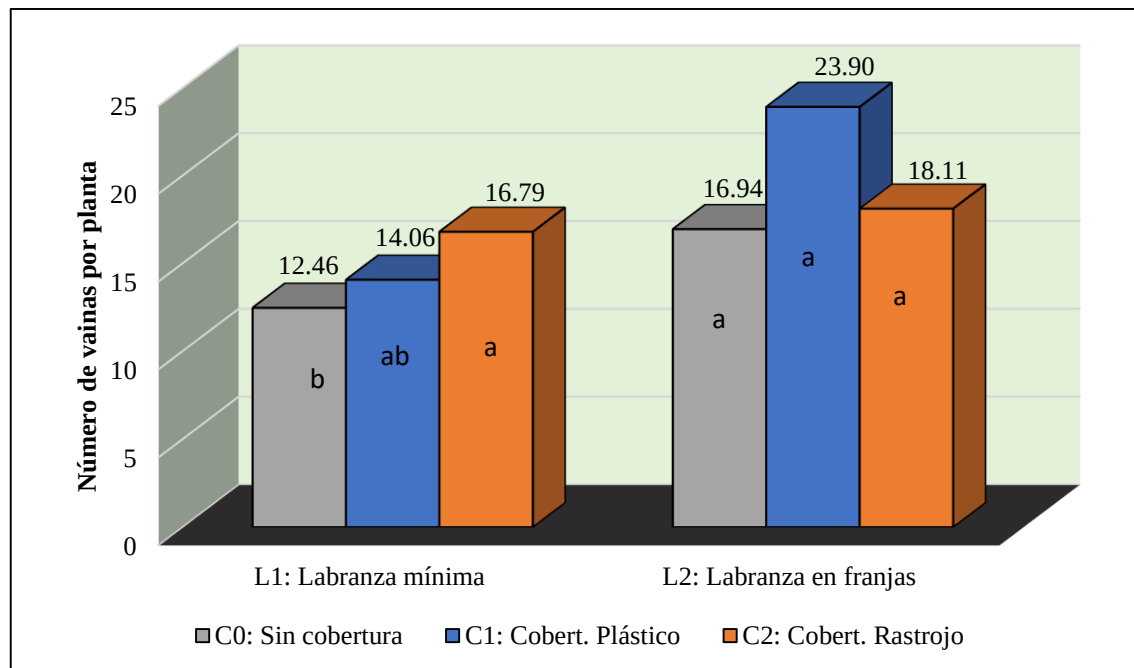
Nota. No significativo (ns); significativo (*); altamente significativo (**).

En la Tabla 3.7, se presenta el análisis de varianza del número de vainas por planta de frijol, donde se aprecia una alta significancia estadística correspondiente a la labranza

de conservación. Respecto, los tipos de cobertura y la interacción tipos de cobertura y labranza mostraron significancia estadística. Por lo tanto, se procede a realizar el análisis de los efectos simples. El coeficiente de variación fue de 15.02%, reflejando una baja variabilidad experimental y una adecuada confiabilidad en los resultados.

Figura 3.4

Prueba de Tukey de los efectos simples de los tipos de cobertura y la labranza de conservación en número de vainas por planta de frijol



Según la prueba de Tukey, en la Figura 3.4 se muestra la interacción bajo dos sistemas de labranza, combinadas con tres tipos de cobertura. Bajo el sistema de labranza mínima, el mayor número de vainas por planta de frijol se obtuvo con cobertura de rastrojo, con 16.79 vainas, siendo estadísticamente superior al tratamiento sin cobertura, que registró 12.46 vainas e igual estadísticamente, aunque numéricamente superior, a la cobertura con plástico, con 14.06 vainas. Por otro lado, bajo el sistema de labranza en franjas, la cobertura con plástico obtuvo el mayor número de vainas, con 23.90 vainas, seguido por la cobertura con rastrojo, con 18.11 vainas y el tratamiento sin cobertura, con 16.94 vainas. Asimismo, en promedio, la práctica de cobertura con plástico obtuvo 18.98 vainas por planta y la práctica de labranza en franjas tuvo en promedio 19.65 vainas por planta. En este sistema, los tres tratamientos no muestran diferencias estadísticas, debido a que la diferencia entre las medias no alcanzó el valor de la Diferencia Mínima

Significativa (DMS) de Tukey; por lo que no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre las coberturas.

Los datos obtenidos sugieren que la combinación de acolchado plástico y labranza en franjas favoreció el desarrollo reproductivo del cultivo. Este comportamiento estaría asociado a una mayor retención de humedad y regulación térmica en el suelo, lo cual habría permitido un mejor desarrollo radicular en la línea de siembra y una reducción en las pérdidas por evapotranspiración. Estas mejoras microambientales habrían optimizado la absorción de nutrientes esenciales como nitrógeno y fósforo, estimulando la floración y el cuajado de estructuras reproductivas. Al respecto, Rodríguez et al. (2015) señalan que la intervención mecánica disminuye la compactación de la zona labrada, mejorando las propiedades hidrofísicas del suelo a través de una mayor aireación, la adecuación del lecho de siembra y un balance hídrico óptimo para las plantas.

En concordancia con estos hallazgos, Ibarra et al. (2012) encontraron en el cultivo de frijol en camas individuales con fertiriego, que los tratamientos con cobertura de plástico negro y plateado presentaron los valores más altos en comparación con los demás tratamientos, alcanzando 22.25 y 23.7 vainas por planta, respectivamente. Estos resultados evidencian no solo un incremento significativo en el número de estructuras reproductivas, sino también un efecto positivo en la productividad del cultivo, posiblemente asociado a la mejora en las condiciones microambientales generadas por el uso de dichos materiales.

Por su parte, en un estudio sobre el control de malezas mediante diferentes cobertura en el cultivo de Caraota negra, Najul y Anzalone (2006) reportaron el mayor número de vaina por planta en el tratamiento de paja compostada, con 18.5 vainas, seguido de paja entera, con 15.24 vainas, paja repicada con 14.64 vainas, desmalezado manual total con 14.16 vainas, control químico con 13.55 vainas, paja picada con 14.54 vainas, desmalezado manual parcial con 9.39 vainas y el testigo 6.61 vainas. Este resultado sugiere que la aplicación de cobertura no solo contribuye a la reducción de competencia de malezas, sino también mejora las condiciones del suelo y la productividad.

Esta variable resulta crítica para el cultivo, ya que Pedrinho et al. (2018) identificaron que el número de vainas por planta se correlaciona fuertemente con el rendimiento ($r = 0.86$) y con el número de semillas por planta ($r = 0.95$). En su estudio, mezclas de cobertura como mijo perla + frijol espada, combinadas con 50-100 kg N ha⁻¹, incrementaron el número de vainas y semillas por planta, generando aumentos de hasta 38% en el rendimiento de semilla en comparación con cobertura menos eficientes.

Por otra parte, el número de vainas por planta registrado en este estudio es inferior a lo reportado por Pareja (2011), quien obtuvo entre 30.7 y 39 vainas, con dosis de guano de isla en frijol Caraota, y por Villar (2025), con rangos de 18.6 a 32.8 vainas, evaluando dos ecotipos de grano negro con la aplicación de nitrógeno, inoculante y abono de fondo NPK. Por otro lado, este resultado es superior a los señalados por Huarancca (2023), con 17.25 y 22 vainas en tres variedades de frijol de grano negro, con y sin presencia del tutor, y la aplicación de NPK, y por Cabero (2023), con 10.38 y 21.71 vainas, con la aplicación de ácidos húmicos y la dosis de fertilización NPK en el frijol caraota. Estas variaciones se explicarían por las diferencias en los planes de fertilización, enmiendas orgánicas y manejo agronómico complementario empleado en cada estudio.

3.2.4. Longitud de vaina

Tabla 3.8

Análisis de varianza de la longitud de vainas de frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	0.040	0.020	0.290	0.7546 ns
Cobertura (C)	2	0.080	0.040	0.533	0.5932 ns
Labranza (L)	1	0.060	0.060	0.790	0.3951 ns
Interacción (C × L)	2	0.560	0.280	3.733	0.0616 ns
Error	10	0.750	0.075		
Total	17	1.490			

C. V (%): 3.20

Nota. No significativo (ns); significativo (*); altamente significativo (**).

En la Tabla 3.8 se presenta el análisis de varianza de longitud de vaina de frijol, donde no se observaron diferencias significativas en tipos de cobertura, labranza de

conservación ni en su interacción cobertura $\times$ labranza. Esto indica que tanto la labranza de conservación como los tipos de cobertura, de manera individual o combinada, no influyeron significativamente en esta variable. El coeficiente de variación fue de 3.20%, lo que refleja una variabilidad experimental muy baja.

En el ensayo se registraron promedios de longitud de vaina comprendidos entre 8.28 y 8.87. La reducida variabilidad de este carácter fenotípico frente a los tratamientos sugiere una marcada rigidez genética, influenciada por la naturaleza autógama de la especie. Al respecto, Rosas (2001), quien señala que el sistema de reproducción por autofecundación en frijol fija líneas puras con una variabilidad interna mínima a través de las generaciones.

Por otra parte, al constatar con la literatura, los resultados hallados son ligeramente inferiores a los rangos reportados por Pareja (2011), quien obtuvo un promedio de 8.0 a 9.8 cm con dosis de guano de isla en frijol Caraota; asimismo, Villar (2025), registró datos que fluctúan entre 8. a 10.2 cm evaluando dos cultivares de grano negro con la aplicación de nitrógeno, inoculante y abono de fondo NPK, y por López (2009), quien registró un rango de 8.3 a 10.4 cm evaluando la densidad de siembra y la aplicación de abonos orgánicos en variedad Caraota. Estas diferencias dimensionales estarían asociadas a la influencia del régimen nutricional y a la variabilidad ecofisiológica propia de las líneas o cultivares evaluados en cada ensayo.

3.2.5. Número de granos por vaina

En la Tabla 3.9 se presenta el análisis de varianza del número de granos por vaina de frijol, donde se aprecia una alta significancia estadística correspondiente a los tipos de cobertura. Asimismo, la labranza de conservación y la interacción cobertura $\times$ labranza no fueron significativos. En consecuencia, se procedió al análisis de los efectos principales. El coeficiente de variación fue de 5.47%, lo que refleja una variabilidad experimental muy baja.

Tabla 3.9

Análisis de varianza del número de granos por vaina de frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación

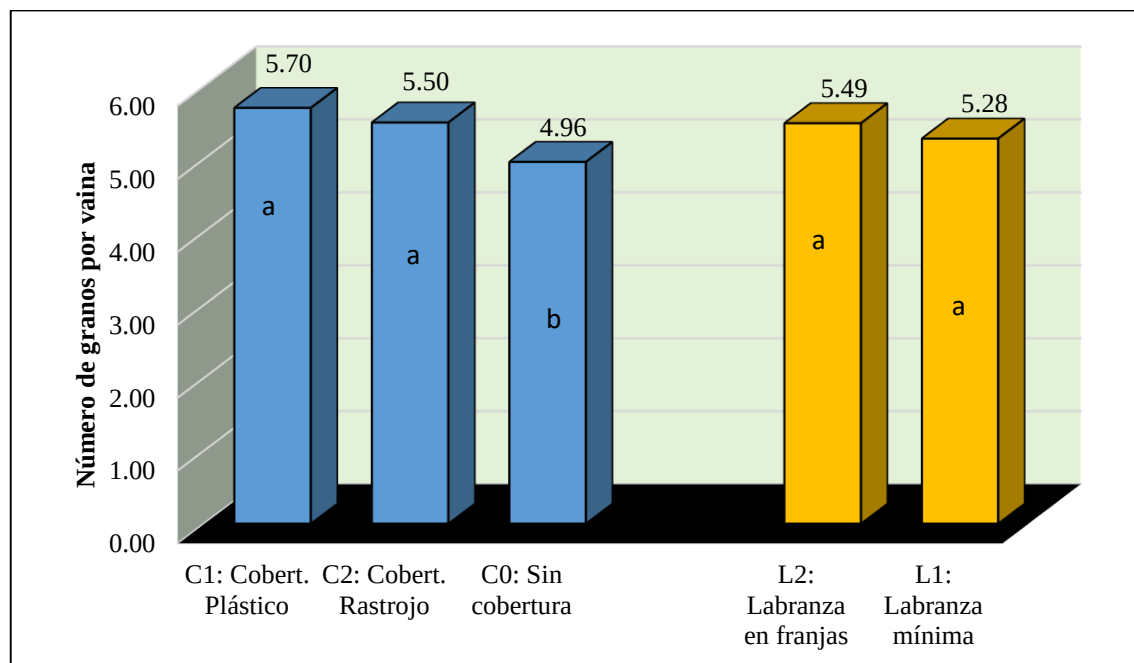
Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	0.380	0.190	2.184	0.1639 ns
Cobertura (C)	2	1.770	0.885	10.20	0.0039 **
Labranza (L)	1	0.190	0.190	2.210	0.1676 ns
Interacción (C × L)	2	0.030	0.015	0.20	0.8228 ns
Error	10	0.870	0.087		
Total	17	3.240			

C. V (%): 5.47

Nota. No significativo; (ns) significativo (*); altamente significativo (**).

Figura 3.5

Prueba de Tukey de los efectos principales de tipos de cobertura y la labranza de conservación en número de granos por vaina de frijol



En la Figura 3.5 se muestra la comparación de las medias del número de granos por vaina de frijol, según la prueba de Tukey, bajo los efectos principales de los tipos de cobertura y la labranza de conservación. En cuanto a los tipos de cobertura, la cobertura con plástico alcanzó el mayor promedio, con 5.70 granos, seguido por la cobertura con

rastrajo, con 5.50 granos; ambos fueron estadísticamente superior al tratamiento sin cobertura, que registró 4.96 granos. Respecto a la labranza de conservación, la labranza en franjas registró el mayor número de granos por vaina, con 5.49 granos, superando numéricamente a la labranza mínima, que obtuvo 5.28 granos, sin embargo, ambos tratamientos fueron estadísticamente similares.

Los datos obtenidos sugieren que la presencia de mulches (sintéticos u orgánicos) optimizó las condiciones microambientales en la rizosfera durante la etapa reproductiva. La retención de humedad, la atenuación de picos térmicos y el control eficaz de malezas habrían favorecido un mejor estatus hídrico y fisiológico del cultivo durante las fases críticas de floración y llenado de grano. Bajo este ambiente óptimo, las plantas habrían dispuesto de una mayor oferta de fotoasimilados para nutrir los verticilos reproductivos, reduciendo la tasa de aborto embrionario y promoviendo una mayor fijación de semillas por vaina. En contraste, el estrés hídrico y la competencia malezas en el suelo desnudo habrían restringido la disponibilidad de recursos, incrementando el aborto de primordios seminales.

Este comportamiento es congruente con lo señalado en la literatura, donde se observa que el número de granos por vaina tiende a ser menos variable que otros componentes, pero se incrementa ligeramente bajo condiciones favorables. Pedrinho et al. (2018) quienes confirmaron que la presencia de mulches sostiene y maximiza los componentes del rendimiento dentro del potencial biológico de la especie.

A pesar de dicha estabilidad, los promedios obtenidos en esta investigación resultaron inferiores a los reportados por López (2009) quien obtuvo entre 4.16 y 6.21 granos, Asimismo, difiere de lo señalado por Najarro (2025), quien obtuvo un promedio que varía entre 5.8 y 6.2 granos en tres variedades de frijol de grano negro. Estas discrepancias se atribuirían a la variabilidad genética entre cultivares, así como a las condiciones edafoclimáticas específicas imperantes en cada localidad de estudio.

3.2.6. Rendimiento de grano al 14.0% de humedad (kg ha^{-1})

Tabla 3.10

Análisis de varianza del rendimiento de grano al 14.0% de humedad de frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	273609.440	136804.720	0.654	0.5409 ns
Cobertura (C)	2	1173519.310	586759.655	2.805	0.1079 ns
Labranza (L)	1	2604477.080	2604477.080	12.449	0.0055 **
Interacción (C $\times$ L)	2	1689253.040	844626.520	4.037	0.0518 ns
Error	10	2092111.750	209211.175		
Total	17	7832970.620			
C. V (%): 19.92					

Nota. No significativo; (ns) significativo (*); altamente significativo (**).

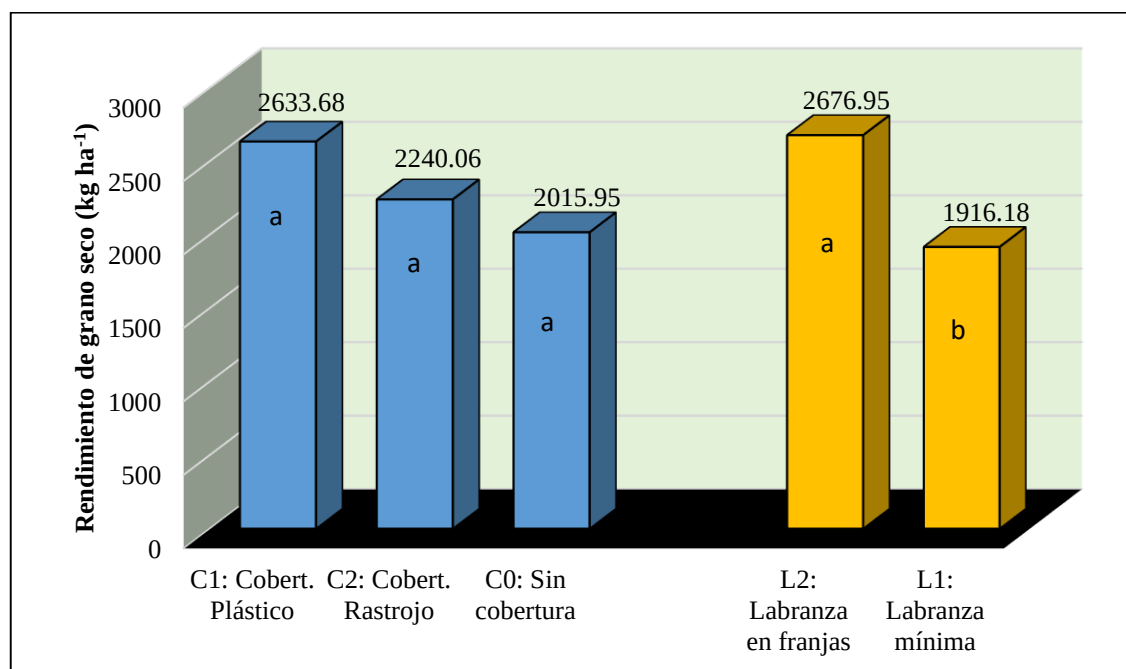
En la Tabla 3.10 se presenta el análisis de varianza del rendimiento de grano de frijol, donde se aprecia una alta significancia estadística correspondiente a la labranza de conservación, mientras que los factores de tipos de cobertura y la interacción cobertura $\times$ labranza no fueron significativos. Esto indica que los factores de tipos de cobertura y labranza de conservación influyeron de forma independiente en el rendimiento, por lo que se procedió al análisis de los efectos principales. El coeficiente de variación fue de 19.92%, lo que refleja una baja variabilidad experimental y una confiabilidad adecuada en los resultados obtenidos. La variabilidad observada en el coeficiente de variación (CV) se puede atribuir a condiciones propias del experimento de campo, como la heterogeneidad en la compactación del suelo, efecto de árboles forestales cercanos, la distribución desigual del banco de semillas de malezas y la diversidad de especies con emergencia desuniforme, factores que afectan la respuesta del cultivo y aumentan la dispersión de los datos experimentales.

En la Figura 3.6 se muestra la comparación de las medias del rendimiento de grano de frijol, según la prueba de Tukey, bajo los efectos principales de los tipos de cobertura y los tipos de labranza de conservación. En relación tipos de coberturas, la cobertura con plástico alcanzó la mayor media numérica con $2633.68 \text{ kg ha}^{-1}$, seguida por la cobertura con rastrojo, con $2240.06 \text{ kg ha}^{-1}$, y el suelo sin cobertura, con $2015.95 \text{ kg ha}^{-1}$; cabe destacar que las diferencias entre las tres coberturas no fueron estadísticamente

significativas. En cuanto a la labranza en franjas fue estadísticamente superior y alcanzó un rendimiento de 2676.95 kg ha⁻¹, en comparación con la labranza mínima, que registró 1916.18 kg ha⁻¹.

Figura 3.6

Prueba de Tukey de los efectos principales de los tipos de cobertura y la labranza de conservación del rendimiento de grano al 14% de humedad de frijol



Los resultados muestran que, desde el punto de vista cuantitativo, la cobertura con plástico registró el mayor rendimiento de grano en comparación con las demás coberturas evaluadas. Este comportamiento sugiere que favoreció mejores condiciones para el desarrollo del cultivo al conservar la humedad del suelo, reducir la competencia de las malezas y mejorar el aprovechamiento del agua y los nutrientes, lo que se reflejó en una mayor producción de grano. Por otra parte, el factor labranza presentó diferencias estadísticas significativas, siendo la labranza en franjas la que alcanzó el mayor rendimiento. Este resultado podría atribuirse a que este sistema favoreció un mejor desarrollo radicular y una mayor disponibilidad de agua, permitiendo expresar un mayor potencial productivo.

Respecto a los efectos de cobertura, Solano et al. (2024) realizaron una investigación en el cultivo de frijol utilizando mulch, obteniendo como resultado que el

tratamiento con cobertura presentó el rendimiento promedio más alto, alcanzando 2455.8 kg ha⁻¹. En contraste, el tratamiento sin mulch registró un promedio considerablemente menor, de 1505.6 kg ha⁻¹, lo que evidencia el efecto positivo de la cobertura en la productividad del cultivo. Asimismo, Ramadhani et al. (2024) reportaron que en Tanzania el rendimiento de frijol incrementó en un 60% al pasar de 1.65 t ha⁻¹ en el suelo sin mulch a 2.67 t ha⁻¹ con plástico y 2.64 t ha⁻¹ con mulch. Los beneficios de los residuos vegetales también han sido respaldados por Abbasi et al. (2013) quienes determinaron que la aplicación de 2.0 t ha⁻¹ de paja de trigo aumentó el rendimiento de grano en frijol en 29% bajo estrés y en 17% bajo riego normal, alcanzando valores de hasta 3135.0 kg ha⁻¹ en el tratamiento con riego normal y mulch en el cultivar Akhtar. Chen et al. (2017) complementan afirmando que, las coberturas como el rastrojo actúan disminuyendo la radiación directa sobre el suelo y de esta forma reduciendo la evaporación, aunque su eficiencia podría ser menor que la cobertura con plástico, ya que el rastrojo tiende a degradarse paulatinamente.

En cuanto a la labranza, Gálvez (2021) evaluó los sistemas de la labranza de conservación y tipos de cobertura en arveja, determinó que el sistema de labranza en franjas registró un rendimiento de 3894.90 kg ha⁻¹ de vaina verde, superando de manera estadística al resto de los tratamientos. Por su parte, la labranza reducida se posicionó en el segundo lugar con una producción de 3 040.28 kg ha⁻¹. Asimismo, Li et al. (2021) reportaron en el cultivo de haba verde que el tratamiento (labranza en camas + paja) produjo el mayor rendimiento de 25.0 t ha⁻¹, seguido por la labranza en camas sin paja de 24.0 t ha⁻¹, mientras que la labranza plana sin cobertura registró el rendimiento más bajo con 22.0 t ha⁻¹.

En lo referente al control de malezas y su impacto en el rendimiento Najul y Anzalone (2006), en su investigación con coberturas vegetales, control químico y control manual en el cultivo de Caraota negra. La aplicación de paja compostada generó un rendimiento de 2852.53 kg ha⁻¹, cifra que triplica el resultado del testigo y casi duplica lo obtenido mediante desmalezado manual parcial. Frente al control químico y al resto de las coberturas, este tratamiento logró un incremento productivo de entre el 25% y el 40%. Asimismo, Abd El-Wahed et al. (2017), observaron que la aplicación de mulch de paja de arroz con espesores de 3, 6 y 9 cm redujo el estrés hídrico y la competencia de malezas,

incrementando el rendimiento de vaina verde hasta en 40.2% con la mayor capa de paja en comparación con el suelo sin mulch. Asimismo, El-Beltagi et al. (2022) señalan que el uso de acolchados (como restos vegetales, plástico o grava) altera el régimen hidrotérmico del suelo, regulando su humedad y temperatura. Esta modificación mejora la actividad microbiológica y optimiza el uso del agua al reducir la evaporación y la erosión. Aunque su adopción va en aumento, la elección del material idóneo depende de su costo, durabilidad y la necesidad del cultivo: la paja amortigua el calor extremo en verano, mientras que el plástico eleva la temperatura en primavera para estimular el crecimiento. Priorizando siempre la reducción de impactos negativos, esta tecnología se perfila como una estrategia clave para controlar malezas, mejorar la salud del suelo y potenciar el rendimiento agrícola.

Los resultados obtenidos en esta investigación son inferiores a los reportados por Huaranca (2023) quien obtuvo rendimientos de 2557.22 a 3124.35 kg ha⁻¹ en tres variedades de frijol de grano negro, con y sin tutor. Asimismo, a los de Pareja (2011), quien registró rendimientos de 2022.0 a 3120.0 kg ha⁻¹ con dosis de guano de isla en frijol Caraota. De igual manera, de Villar (2025), cuyos rendimientos oscilan entre 2737.18 a 3635.93 kg ha⁻¹ al evaluar dos cultivares de frijol de grano negro con la aplicación de nitrógeno e inoculante, con abono de fondo NPK; así como a los de Najarro (2025), quien registró de 3275.80 a 5527.70 kg ha⁻¹ de granos en tres variedades de frijol de grano negro con microorganismos y abonos orgánicos. Cabe destacar que todas estas investigaciones se llevaron a cabo con frijol negro en Canaán 2735 m s. n. m., Ayacucho. Estas discrepancias estarían vinculadas a las dosis de fertilización e insumos biológicos aplicados, así como a las interacciones genotipo-ambiente particulares de cada campaña agrícola.

3.2.7. Índice de cosecha

En la Tabla 3.11 se presenta el análisis de varianza del índice de cosecha de frijol, donde la labranza de conservación resultó altamente significativa. Por otro lado, los tipos de cobertura y la interacción cobertura × labranza no mostraron diferencias significativas. Esto indica que los tipos de cobertura, de manera individual o en interacción con la labranza, no influyeron significativamente en el índice de cosecha del cultivo de frijol, por lo que se procedió al análisis de los efectos principales. El coeficiente de variación

fue de 3.88%, lo que refleja una variabilidad experimental muy baja y una alta precisión en los resultados obtenidos.

Tabla 3.11

Análisis de varianza del índice de cosecha de frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación

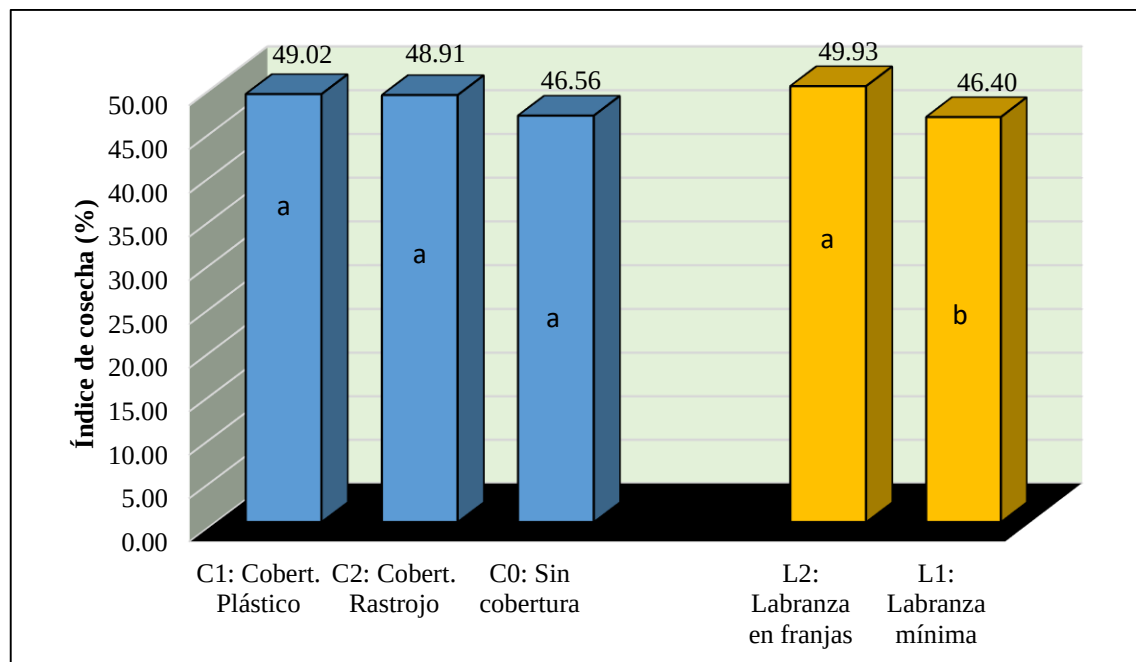
Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	27.230	13.615	3.891	0.0563 ns
Cobertura (C)	2	23.170	11.585	3.311	0.0788 ns
Labranza (L)	1	56.040	56.040	16.016	0.0025 **
Interacción (C × L)	2	12.540	6.270	1.792	0.2162 ns
Error	10	34.990	3.499		
Total	17	153.970			

C. V (%): 3.88

Nota. No significativo (ns); significativo (*); altamente significativo (**).

Figura 3.7

Prueba de Tukey de los efectos principales de los tipos de cobertura y la labranza de conservación del índice de cosecha de frijol



Según la prueba de Tukey, en la Figura 3.7, para los tipos de cobertura, la cobertura con plástico, con 49.02% resultó estadísticamente igual y numéricamente superior a la cobertura con rastrojo, con 48.91%, y al tratamiento sin cobertura, con 46.56%. Asimismo, para los tipos de labranza de conservación, la labranza en franjas presentó un índice de cosecha de 49.93%, valor estadísticamente superior a la labranza mínima, con 46.40%.

El índice de cosecha constituye un indicador fundamental de la eficiencia del cultivo para convertir los fotoasimilados acumulados en biomasa útil de grano. Los valores obtenidos en la presente investigación coinciden con las tendencias documentadas en la literatura sobre leguminosas bajo sistemas de conservación. Al respecto, Gálvez (2021) determinó que la labranza reducida optimizó significativamente la eficiencia productiva, alcanzando el mayor índice de cosecha de vaina verde con un 51,02 %, siendo estadísticamente superior a los demás sistemas de conservación evaluados. A este le siguió la labranza en franjas, la cual registró un índice de cosecha de vaina verde del 42,23 %. En relación con el uso de cobertura orgánica, la biomasa de leguminosas reportó el valor numérico más elevado con un 48,11 %, superando a la cobertura con gramíneas que alcanzó un 44,31 %, aunque cabe precisar que las diferencias entre ambos tipos de cobertura no fueron estadísticamente significativas.

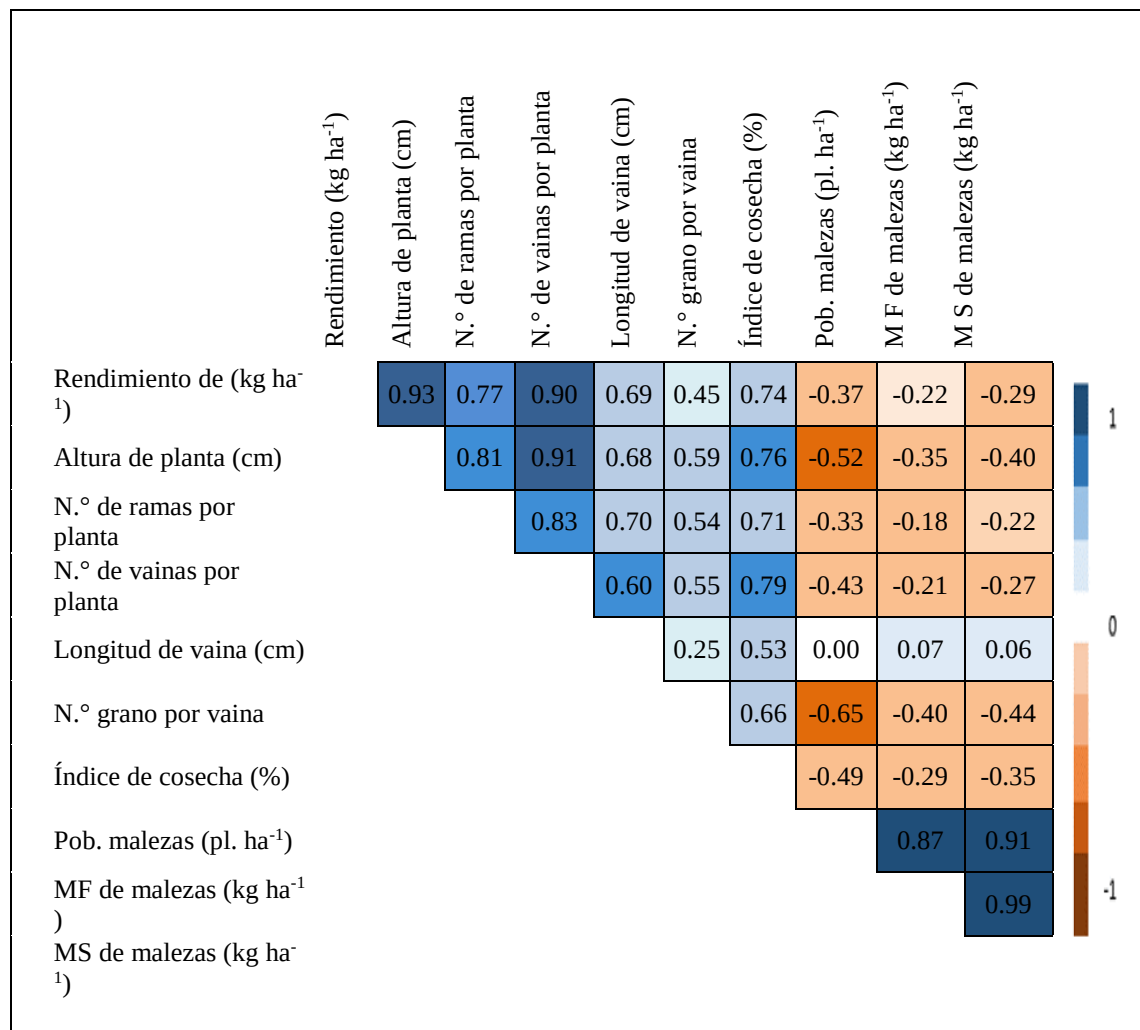
Este comportamiento se alinea con Pedrinho et al. (2018), quienes demostraron que las combinaciones de cobertura gramínea-leguminosa y dosis adecuadas de nitrógeno aumentaron tanto la producción de biomasa aérea total como el rendimiento de semilla, resultando en un índice de cosecha más eficiente que en los tratamientos sin cobertura o con bajas dosis de N. En suelos de baja fertilidad, estas prácticas aseguran un estatus metabólico adecuado, aumentando el rendimiento general y destinando una mayor fracción de biomasa al grano.

Villar (2025) reportó resultados entre 43.30% y 52.00% de índice de cosecha, al evaluar dos cultivares de grano negro con la aplicación de nitrógeno e inoculante con abono de fondo NPK con frijol de grano negro en Canaán.

3.2.8. Correlación de las variables

Figura 3.8

Valores de los coeficientes de correlación Pearson de las variables



Nota. Correlación positiva perfecta (+1.0); correlación positiva muy fuerte (+0.90); correlación positiva considerable (+0.75); correlación positiva media (+0.50); correlación positiva débil (+0.25); correlación positiva muy débil (+0.10); no existe correlación (0); correlación negativa muy débil (-0.10); correlación negativa débil (-0.25); correlación negativa media (-0.50); correlación negativa considerable (-0.75); correlación negativa muy fuerte (-0.90).

En la Figura 3.8 se presentan los coeficientes de correlación de Pearson de las variables evaluadas en el cultivo de frijol. Se observa que el rendimiento presenta una correlación positiva muy fuerte con la altura de planta ($r = 0.93$) y el número de vainas ($r = 0.90$); una correlación positiva considerable con el número de ramas por planta ($r = 0.77$); una correlación positiva media con la longitud de vaina ($r = 0.69$) y el índice de cosecha ($r = 0.74$); y una correlación positiva débil con el número de granos por vaina ($r = 0.45$). Asimismo, se observa una correlación negativa débil con la población de maleza

($r = -0.37$) y la materia seca de malezas ($r = -0.29$), y una correlación negativa muy débil con la materia fresca de malezas ($r = -0.22$).

La elevada interdependencia entre las variables vegetativas/reproductivas y el rendimiento demuestra que el rendimiento final estuvo fuertemente determinado por la capacidad de la planta para generar y sostener verticilos productivos. Se sugiere que las plantas de mayor porte y ramificación habrían optimizado la traslocación de carbohidratos hacia el llenado de vainas. Asimismo, la correlación negativa con las variables de malezas evidencia el costo metabólico derivado de la competencia interespecífica por recursos limitantes en la rizosfera y la cobertura vegetal.

Estos resultados son consistentes con Pedrinho et al. (2018) reportaron en frijol correlaciones muy altas entre número de vainas por planta y rendimiento ($r = 0.86$), y entre número de semillas por planta y rendimiento ($r = 0.95$), destacando que estos componentes son buenos indicadores indirectos del rendimiento bajo sistemas de siembra directa con cobertura. Torabian et al. (2024) encontraron en haba que los genotipos y fechas de siembra que presentaron mayor número de vainas, semillas por vaina y peso de 100 semillas fueron los que alcanzaron los mayores rendimientos, reforzando el papel central de estos componentes.

Por otra parte, la relación negativa entre biomasa de malezas y rendimiento coincide con lo descrito por Boutagayout et al. (2020) observaron que, a medida que se reduce la densidad y biomasa de malezas mediante mulching y labranza de conservación, aumentan la altura de plantas, el número de vainas y el rendimiento de haba y lenteja.

CONCLUSIONES

1. La práctica de cobertura con plástico mostró los mayores valores, con 39.85 cm de altura de planta, 18.98 vainas por planta, 5.70 granos por vaina, 2633.68 kg ha⁻¹ de grano seco al 14% de humedad y un 49.02% de índice de cosecha. Además, con este tipo de cobertura se registró la menor acumulación de materia seca de malezas, con 912.48 kg ha⁻¹, consolidándose como la mejor estrategia para su control.
2. La práctica de labranza en franjas presentó los mejores resultados, con 37.91 cm de altura de planta, 19.65 vainas por planta, 2676.95 kg ha⁻¹ de grano seco al 14% de humedad y un 49.93% de índice de cosecha. Asimismo, con este tipo de labranza se registró la menor acumulación de materia seca de malezas, con 1104.17 kg ha⁻¹, logrando un mejor control sobre estas.

RECOMENDACIONES

1. Emplear la práctica de cobertura con plástico en la producción del frijol para el control de malezas.
2. Emplear la práctica de labranza en franjas en la producción del frijol para el control de malezas.
3. Emplear la práctica de labranza en franjas, en conjunto con la cobertura con plástico en la producción del frijol para el control de malezas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbasi, S., Dabbagh, M. A., Reza, S. M., & Amini, R. (2013). Effect of straw mulch application on agronomic traits and grain yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under drought stress. *Revista de Biodiversidad y Ciencias Ambientales*, 3(9), 15-22. https://www.academia.edu/68398121/effect_of_straw_mulch_application_on_agronomic_traits_and_grain_yield_of_common_bean_phaseolus_vulgaris_l_cultivars_under_drought_stress
- Abd El-Wahed, M., Baker, G. A., Ali, & Abd El- Fattah, F. A. (2017). Evaluating the effects of drip deficit irrigation and thickness of rice straw mulch layer on beans crop and water use efficiency. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 34(1), 273-290. <https://doi.org/10.21608/mjae.2017.97087>
- Alvarado, A., Rojas, L., & Mora, A. (2007). *Métodos de labranza conservacionista y maquinaria para la conservación de suelos en el establecimiento de plantas dendroenergéticas*. Fondo Honduras España-BCIE. https://fondohondurasespana.bcie.org/documentos/documento?tx_news_pi1%5baction%5d=detail&tx_news_pi1%5bcontroller%5d=news&tx_news_pi1%5bnews%5d=3660&chash=d249235fd9013c3680bceba550985d2c
- Arias, J. H., Rengifo, T., & Jaramillo, M. (2007). *Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de frijol voluble*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <https://repository.agrosavia.co/items/37afd4d8-fb5f-4ef4-997c-a9f612ee2ddb>
- Asociación de Productores de Santa Lucía (ASOPROL). (2009). *Guía técnica para el cultivo de frijol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del Departamento de Boaco, Nicaragua*. ASOPROL. <https://hdl.handle.net/11324/19856>
- Ávila, M. J., Ávila, S. J., Rivas, S. F., & Martínez, H. D. (2014). *El cultivo del frijol: Sistemas de producción en el noroeste de México*. Universidad de Sonora. <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/el%20cultivo%20de%20frijol.pdf>

- Baker, C. J., Chamen, W. C., Reicosky, D. C., Ribeiro, F. M., Justice, S. E., & Hobbs, P. R. (2008). *Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación* (2.^a ed.). Acribia, S.A. <https://www.fao.org/4/al298s/al298s00.htm>
- Basantes, E. (2015). *Manejo de cultivos andinos del Ecuador* (1.^a ed). Universidad de las Fuerzas Armadas. https://www.researchgate.net/publication/358595969_manejo_de_cultivos_andinos_del_ecuador
- Berardocco, I. H. G. (2011). *Acolchado plástico*. Departamento Técnico Inplex Venados SA. https://dlwqtxtslxzle7.cloudfront.net/61711774/acolchado_plastico_documento_de_mungia20200107-95914-1iptreo-libre.pdf
- Boutagayout, A., Nassiri, L., Bouiamrine, E. H., & Belmalha, S. (2020). Mulching effect on weed control and faba bean (*Vicia faba* L. Minor) yield in Meknes region, Morocco. *E3S Web of Conferences*, 183(8), 04002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018304002>
- Buendía, Y. F., & Matencio, J. (2014). *El mulch y las coberturas plásticas en la producción de pepinillo (Cucumis sativus L.) cv. Ajax* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2330>
- Busari, M. A., Kukal, S. S., Kaur, A., Bhatt, R., & Dulazi, A. A. (2015). Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(2), 119-129. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.05.002>
- Cabero, R. W. (2023). *Influencia de los Ácidos Humicos en la fenología del frijol caraota (Phaseolus vulgaris L.) bajo condiciones de Barranca* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Barranca. <https://repositorio.unab.edu.pe/item/8679ee4c-4674-4484-9b62-737d61828898>
- Caicedo, S. (2004). *Labranza de conservación* (pp. 11-13). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/35750>
- Cardona, C., Flor, C. A., Morale, F. J., & Corrales, M. A. P. (1982). *Problemas de campo en los cultivos de frijol en América Latina* (2.^a ed.). Centro Internacional de

- Agricultura Tropical (CIAT). <https://repository.agrosavia.co/items/62607702-22e9-4bef-8ee6-5c720beaf23b>
- Cervantes, R. J. (2022). *Comparativo de rendimiento de nueve líneas de Phaseolus vulgaris frijol, en el valle de Chíncha* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7145/tesis_compressed%20%281%29.pdf?sequence=1&isallowed=y
- Chen, G., Kolb, L., Leslie, A., & Hooks, C. R. R. (2017). Using Reduced Tillage and Cover Crop Residue to Manage Weeds in Organic Vegetable Production | Weed Technology. *Cambridge Core*, 31(4), 557-573. <https://doi.org/10.1017/wet.2017.24>
- Cornelio, C. 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 licenciatura]. Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/dd941b59-71c3-4227-ad91-c2b361a5d11d>
- Demuner, G., Cadena, M., Campos, S. G., Zermeno, A., & Sánchez, F. de J. (2012). Efectos de tres sistemas de labranza y mejoradores de suelo en la disponibilidad de humedad y volumen de exploración de raíces. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(4), 719-727. https://www.researchgate.net/publication/318338280_Efectos_de_tres_sistemas_de_labranza_y_mejoradores_de_suelo_en_la_disponibilidad_de_humedad_y_volumen_de_exploracion_de_raices
- Díaz, C. A. D., & Fonseca, G. E. S. (2004). *Variedades comerciales de frijol (Phaseolus vulgaris)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). <https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/882cd62f-d647-4c38-8926-278475194874/content>
- El-Beltagi, H. S., Basit, A., Mohamed, H. I., Ali, I., Ullah, S., Kamel, E. A. R., Shalaby, T. A., Ramadan, K. M. A., Alkhateeb, A. A., & Ghazzawy, H. S. (2022). Mulching as a Sustainable Water and Soil Saving Practice in Agriculture: A Review. *Agronomy*, 12(8), 1881. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081881>
- Escajadillo, P. (2023). *Influencia del Rhizobium y labranza de conservación en la producción de arveja en verde (Pisum sativum L.), Ayacucho* [Tesis de pregrado].

- Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5766>
- Escoto, N. D. G. (2004). *El cultivo de frijol: Manual técnico para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores*. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA).
<https://cenida.una.edu.ni/reletronicos/REff01e74.pdf>
- Estación Experimental Agraria Andenes - Cusco. (2011). *Frijol INIA 425—Martín Cusco*. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).
<https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/546>
- Fernández, F., Gepts, P., & Lopez, M. (1985). *Etapas de desarrollo en la planta de frijol*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
https://www.researchgate.net/publication/284254397_Etapas_de_desarrollo_en_la_planta_de_frijol
- Gálvez, G. Y. (2021). *Agricultura de conservación en la producción de arveja Pisum sativum L. en grano verde, Ayacucho, 2016* [Tesis doctoral]. Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/4865>
- García, D. Y., Cárdenas, J. F., & Silva, A. (2018). Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un Inceptisol. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 16-25.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6572298>
- Girón, M. J. (2024). *Análisis de caracterización del suelo de Pampa del Arco*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Programa de Investigación en Pastos y Ganadería, Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar.
- Henríquez, G. R., Prophete, E., & Orellana, C. L. (1992). *Manejo agronomico del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/2015/sb_327_u5_vol.5.pdf
- Hernández, F. J. C. (2009). *Manual de recomendaciones técnicas cultivo de frijol*. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).
<https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-9533.pdf>
- Hernández, G., León, P., Cruz, O., & Indrani, Y. (2008). Influencia del mulch en los índices de crecimiento del frijol variedad "Bat-304". *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(4), 46-49. <https://www.redalyc.org/pdf/932/93215942009.pdf>

- Huarancca, A. D. (2023). *Rendimiento de tres variedades de frijol de grano negro (Phaseolus vulgaris L.) con tutor y sin tutor. Canaán 2735 msnm* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/3fd9ca70-db93-4e18-8f67-ea307c42dbe9>
- Ibarra, L., Valdez, L. A., Cárdenas, A., Lira, H., Lozano, J., & Lozano, C. (2012). Influencia del doble cultivo en el crecimiento y rendimiento de frijol con cubierta plástica de colores. *Chilean journal of agricultural research*, 72(4), 470-475. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392012000400002>
- Infanzón, S. N. (2009). *Formas de control de malezas en dos variedades de achita (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2750 msnm—Ayacucho* [Tesis pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/6e059473-8cd3-4223-a033-9bcb0e27e340>
- Kassam, A., Friedrich, T., & Derpsch, R. (2019). Global spread of Conservation Agriculture. *International Journal of Environmental Studies*, 76(1), 29-51. <https://doi.org/10.1080/00207233.2018.1494927>
- Lardizabal, R., Arias, S., & Segura, R. (2013). *Manual de producción de frijol*. USAID-ACCESO. <https://dicta.gob.hn/files/2012,-manual-de-produccion-de-frijol,-G.pdf>
- Lescay, B. E., Vázquez, R. Y., & Celeiro, R. F. (2017). Variabilidad y relaciones fenotípicas en variables morfoagronómicas en genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Centro Agrícola*, 44(4), 58-64. <https://biblat.unam.mx/hevila/centroagricola/2017/vol44/no4/9.pdf>
- Li, B., Chen, X., Shi, X., Liu, J., Wei, Y., & Xiong, F. (2021). Effects of Ridge Tillage and Straw Mulching on Cultivation the Fresh Faba Beans. *Agronomy*, 11(6), 1054. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061054>
- López, C. F. (2009). *Efecto de dos tipos de abonos orgánicos y cuatro distanciamientos de siembra en la producción del frijol variedad caraota (Phaseolus vulgaris L.)* [Tesis pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://repositorio.uncp.edu.pe/items/af33e9db-ea5e-42bf-810b-09780785427d>
- López, M., Fernández, F., & Schoonhoven, A. van (Eds.). (1985). *Frijol: Investigación y producción*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) & Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://cgspace.cgiar.org/items/574564b8-d332-4390-96fe-6c2aed45c020>

- Madriz, P. M. (2018). El cultivo de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y el frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Revista de la Facultad de Agronomía*. https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/15240
- Medina, M. A. M. (2016). *Desarrollo de poblaciones premejoradas de amplia base genética en caraota (phaseolus vulgaris L.)* [Tesis doctoral]. Universidad Central de Venezuela. <https://saber.ucv.ve/handle/10872/14962>
- Menchú, M. T., & Mendez, H. (Eds.). (2007). *Tabla de composición de alimentos centroamericana* (2.^a ed.). Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). https://www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=libr_37011_3_11082009.pdf
- Mendieta, E. E. (2015). *Control de malezas y densidad de plantas en el rendimiento del cultivo de maíz morado (Zea mays L.) Cangari 2320 msnm Huanta—Ayacucho* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ac9e0b70-bc9c-4faf-98c8-5eaa6588b3e0/content>
- Meza, A. M. (2023). *Época crítica de competencia de malezas en el cultivo de ajo (Allium sativum L.). Canaán, 2750 msnm—Ayacucho* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/f3006a94-cf26-48df-b428-6c11d1cd2b07>
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) (2001). *Ficha técnica*. MINAGRI. <https://www.midagri.gob.pe/portal/datero/33-sector-agrario/menestras?layout=>
- Morales, J. G., & Herrera, F. (1997). Efecto de coberturas plásticas de colores en las malezas y rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum*) y pepino (*Cucumis sativus*). *BOLTEC*, 30(1), 15-26. <https://kerwa.ucr.ac.cr/items/9a02a96f-7be7-48cf-8e3a-8104fbe4e633>
- Morros, M. E. (2001). *Cultivo Caraota con énfasis en el estado de Lara*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Agraria (INIA). <https://es.scribd.com/doc/195244497/cultivo-caraota-lara-1>
- Muñoz, G., Giraldo, G., & Fernández de Soto, J. (1993). *Descriptores varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/descriptores_varietales.pdf

- Najarro, T. J. (2025). *Microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (Phaseolus vulgaris L.), Canaán, 2750 msnm, Ayacucho, 2023* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://hdl.handle.net/20.500.14612/8485>
- Najul, C., & Anzalone, A. (2006). Control de malezas con cobertura vegetal en el cultivo de la caraota negra (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioagro*, 18(2), 75-82. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612006000200001
- Nowatzki, J., Endres, G., & DeJong, J. M. (2008). Strip Till for Field Crop Production: Equipment, Production, Economics. *NDSu Extension Circular*. <https://consensus.app/papers/strip-till-field-crop-production-equipment-production-nowatzki/e9a1d407517550fbb9d52b30a22931f7/>
- Pareja, H. G. (2011). *Niveles de guano de islas en el rendimiento del cultivo de frijol Caraota (Phaseolus vulgaris L.), Canaán—2735 msnm, Ayacucho* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/435cb26e-b79b-4a65-b25f-76a2b2d87e3d>
- Pedrinho, A., Mariano, E., Merloti, L. F., Danielson, R. E., & Eustáquio de Sá, de S. M. (2018). Common bean response to cover crop straw and topdressing nitrogen fertilization. *Australian Journal of Crop Science*, 12(7), 1129-1138. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.07.pne1062>
- Peigné, J., Ball, B. C., Roger-Estrade, J., & David, C. (2007). Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. *Soil Use and Management*, 23(2), 129-144. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2006.00082.x>
- Portillo, A., Muñoz, C., López, D. F., Pinto, F., Cristancho, H., García, M., Gil, R., & Echavarría, V. (2020). *Catálogo Semillas de Identidad 2019*. SWISSAID Colombia. <https://media2.utp.edu.co/oficinas/61/catalogo%20semillas%20de%20identidad%202019.pdf>
- Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (AGRO RURAL). (2018). *Manual Abonamiento con Guano de las Islas*. AGRO RURAL. https://es.scribd.com/document/419403541/manual-abonamiento-agrorural-final-pdf#google_vignette

- Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS). (2004). *Manejo y conservación del suelo. Fundamentos y Prácticas*. PRONAMACHCS.
- Ramadhani, A. M., Nassary, E. K., Rwehumbiza, F. B., Massawe, B. H. J., & Nchimbi-Msolla, S. (2024). Impact of mulching treatments on growth, yields, and economics of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Eastern Tanzania. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1455206. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1455206>
- Ríos, B. M., Quirós, D. J., & Árias, R. J. (2003). *Fríjol: Recomendaciones generales para su siembra y manejo*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17324>
- Riquelme, J., Yoshikawa, S., & Aliaga, C. (2021). *Cero labranza. Principios y equipamientos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1678160/>
- Rodríguez, G. A., Arcia, P. J., Martínez, C. J., García, L. J., Cid, L. G., & Fleites, C. J. (2015). Los sistemas de labranza y su influencia en las propiedades físicas del suelo. *Ingeniería Agrícola*, 5(2), 55-60. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586261427010>
- Rodríguez, G. A., Martínez, C. J. A., Arcia, P. J., García, L. J., Hernández, G. A., & Cid, G. L. (2015). Propiedades del suelo bajo la acción de dos sistemas de labranza en el maíz. *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(4), 52-57. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586261427010>
- Rodríguez, M. (s. f.). *Labranza mínima como una alternativa de conservación de suelos de ladera en Nariño*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). <https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/d999af5d-df8b-4a0f-88ed-a5903ff18b71/content>
- Rojas, L. A., & Camacho, G. (2004). Piña (*Ananas comosus* L. Merr) sembrada en labranza mínima y labranza convencional en San Carlos, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 15(2), 161-172. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5039943>
- Rosas, J. C. (2003). *El cultivo del frijol común en américa tropical*. Escuela Agrícola Panamericana.

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/91694ffc-ed4c-40af-b278-bae70644eb01/content>

- Rosas, S. J. (2001). Aplicación de metodologías participativas para el mejoramiento genético de frijol en Honduras. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 219-228. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5039758>
- Salgado, V. N., & Ottos, D. E. (2025). *Manual técnico: Interpretación de análisis de suelos, cálculos de encalado y fertilización para los cultivos de café y cacao*. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <https://hdl.handle.net/20.500.12955/2762>
- Salguero, V., González, G., & Mancia, J. E. (1992). *Manejo integrado en plagas de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/2015/sb_327_u5_vol.1.pdf
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA). (2020). *Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para cultivo de frijol*. SENASA. <https://www.gob.pe/institucion/senasa/informes-publicaciones/936642-guia-de-buenas-practicas-agricolas-para-cultivo-de-frijol>
- Solano, R. A., Tineo, A. L., Sulca, O. F., Carrillo, P., Aronés, R. J., Villantoy, A., & Sánchez, Y. A. (2024). Mulch en la conservación del agua y rendimiento del frijol en una zona semiárida de Perú. *Investigación Agraria*, 26(1), 34-40. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2024.junio.2601787>
- Talavera, M. E., & Padilla, J. R. (2000). Evaluación de coberturas orgánicas y plásticas para el combate de malezas en tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). *Agronomía Mesoamericana*, 11(2), 101-107. <https://ru.dgb.unam.mx/items/15ac682b-cec7-491e-aa52-fd9ac6be7a86>
- Torabian, S., Zakeri, H., & Farhangi-Abriz, S. (2024). Optimizing faba bean cultivation: Assessing varietal performance in spring and fall. *Front. Agron*, 6. <https://doi.org/10.3389/fagro.2024.1474528>
- Valladolid, A. (2001). *El cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en la costa del Perú* (1.^a ed). Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/860>
- Valladolid, C. Á. (2016). *Leguminosas de Grano cultivares y clases comerciales del Perú* (1.^a ed.). Ministerio de Agricultura y Riego (MIDAGRI). <http://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/20.500.13036/392>

- Vásquez, G. J., Vilca, V. N., & Malqui, R. R. (2023). *Manual de manejo agronómico de frijol en regiones andinas* (1.^a ed.). Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <https://repositorio.inia.gob.pe/items/8939522f-b00b-490f-bb3b-b4039df15527>
- Villar, B. N. (2025). *Rendimiento del frijol de grano negro (Phaseolus vulgaris L.) con aplicación de nitrógeno e inoculante. Canaán 2735 msnm—Ayacucho 2023* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/2b3d264c-42e2-49c4-9d52-1a9e88aac29b>
- Voysest, V. O. (2000). *Mejoramiento genético del frijol (Phaseolus vulgaris L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://hdl.handle.net/10568/54161>
- Zúniga, H. (2012). *Guía práctica para la producción de frijol*. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). <https://dicta.gob.hn/files/2012,-Guia-practica-para-la-produccion-de-frijol,f.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de datos ordenados general

Bloque	Cobertura	Labranza	Tratamiento	Altura de planta (cm)	N.º De ramas/planta	N.º De vainas/planta	Longitud de vaina (cm)	N.º De grano/vaina	Rendimiento de grano (Kg ha ⁻¹)	Índice de cosecha (%)	Rendimiento de MF malezas (kg ha ⁻¹)	Rendimiento de MS malezas (kg ha ⁻¹)	Pob. de malezas (N.º pl. ha ⁻¹)
I	C0	L1	T1	27.19	3.10	11.25	8.73	4.40	1689.58	41.39	6442.1	1816.7	441666.67
I	C1	L1	T2	29.51	3.50	14.29	8.17	5.36	1712.50	45.10	2678.6	900.0	129166.67
I	C2	L1	T3	33.16	3.80	16.00	8.69	5.26	1843.75	47.70	2732.0	912.5	183333.33
I	C0	L2	T4	27.50	2.80	14.00	7.77	4.92	1558.33	46.45	2441.6	766.7	141666.67
I	C1	L2	T5	55.06	4.60	27.80	9.06	5.76	3897.92	53.42	2415.1	758.3	70833.33
I	C2	L2	T6	30.33	3.40	14.67	8.35	5.40	2241.67	46.97	3313.1	954.2	179166.67
II	C0	L1	T1	29.16	3.60	11.90	8.62	4.80	1716.67	47.90	6272.9	1712.5	387500.00
II	C1	L1	T2	33.18	3.10	12.50	8.36	5.60	1856.25	47.56	3060.1	933.3	137500.00
II	C2	L1	T3	36.21	3.70	18.00	8.47	5.48	2572.92	50.11	6883.3	1720.8	258333.33
II	C0	L2	T4	35.37	3.80	17.44	8.60	5.54	2358.33	51.40	3761.8	1200.0	270833.33
II	C1	L2	T5	40.18	3.90	19.50	8.59	5.86	2616.67	49.97	2874.6	825.0	95833.33
II	C2	L2	T6	33.68	3.70	17.67	8.79	5.74	2531.25	51.87	4612.5	1250.0	233333.33
III	C0	L1	T1	30.86	3.50	14.22	8.33	5.50	1822.67	44.86	6150.8	1679.2	416666.67
III	C1	L1	T2	32.02	3.90	15.40	8.32	5.66	1939.58	46.17	4825.4	1312.5	208333.33
III	C2	L1	T3	33.46	3.10	16.38	8.57	5.50	2091.67	46.80	6443.5	1804.2	312500.00
III	C0	L2	T4	35.00	3.70	19.38	8.56	4.60	2950.11	47.36	6538.5	1700.0	416666.67
III	C1	L2	T5	49.17	4.30	24.40	8.97	5.98	3779.17	51.91	2486.1	745.8	83333.33
III	C2	L2	T6	34.90	4.00	22.00	8.60	5.62	2159.08	50.00	6708.5	1737.5	287500.00
Promedio				34.77	3.64	17.04	8.53	5.39	2296.56	48.16	4480.02	1262.73	236342.59

Anexo 2. Análisis de caracterización de suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996
Ayacucho – Perú

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junin y Ayacucho”

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Ayacucho
Localidad : Pampa del Arco – Ciudad Universitaria
Proyecto : “TESIS”
Solicitante : Sr. Javier Figueroa Quispe

HR: 00603

ANALISIS DE CARACTERIZACION

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase Textural	pH (H ₂ O) 1:2.5	C. E. (dS/m.) 1:1	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)		Cationes cambiables (Cmol(+)/Kg)						C. I. C. (Cmol(+)/Kg)
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³	H ⁺	
01	59.3	20.9	19.8	Fr-Ao	8.02	2.37	4.0	0.87	0.04	2.5	249.7	21.1	5.16	1.02	0.84	0.0	0.0	30.8

Ayacucho, 25 de Diciembre del 2024.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE
Juan B. Giron Molina
C.P. 77120

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 ó en el extracto de la pasta de saturación (es).
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:2.5 ó en suspensión suelo: KCl 1N, relación 1:2.5
4. Calcáreo total (CaCO_3): método volumétrico o gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. $\% \text{M.O} = \% \text{C} \times 1.724$.
6. Nitrógeno total: método del semi micro- kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método Bray Kurtz I y método del Olsen modificado, extracción con $\text{NaHCO}_3 = 0.5\text{M}$, pH: 8.5
8. Potasio disponible: Extracción con Acetato de Sodio ($\text{CH}_3\text{-COONa}$)N, pH 4.8
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)N; pH: 7. Titulación con Formaldehído.
10. Ca^{+2} , Mg^{+2} , cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)N; pH: 7.0, cuantificación por complexometría EDTA.
11. $\text{AL}^{+3} + \text{H}^+$: método de Yuan. Extracción con KCl N
12. Iones solubles:
 - a) Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
 - b) Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- solubles: volumetría y colorimetría, SO_4^{2-} turbidimetría con Cloruro de Bario.
 - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
 - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

Equivalencias:

1ppm = 1mg/kilogramo

1 milimho/cm (mmho/cm) = 1 deciSemens/metro

1 miliequivalente/ 100g = 1 cmol(+)/kg

Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes

CE (1:1) mmho/cm x 2 = CE (es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACIÓN

Salinidad	
Clasificación del Suelo	CE (es)
* muy ligeramente salino	< 2
* ligeramente salino	2 - 4
* moderadamente salino	4 - 8
* fuertemente salino	> 8

Reacción o pH	
Clasificación del Suelo	pH
* Fuertemente ácido	< 5.5
* Moderadamente ácido	5.6 - 6.0
* Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
* Neutro	6.6 - 7.0
* Ligeramente alcalino	7.1 - 7.8
* Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
* Fuertemente alcalino	> 8.4

	Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible
Clasificación	%	ppm P	ppm K
* bajo	< 2.0	< 12.0	< 100
* medio	2 - 4	12.0 - 18.0	100 - 240
* alto	> 4.0	> 18.0	> 240

Relaciones Cationicas			
Clasificación	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
* Normal	5 - 8	14 - 16	1.8 - 2.5
* Deficiencia Ca	< 5	< 14	
* Deficiencia K		> 16	> 2.5
* Deficiencia Mg	> 8		< 1.8

Distribución de Cationes %		% Calcáreo Total	
Ca^{+2}	60 - 75	< 1 %	Nivel bajo
Mg^{+2}	15 - 20	1 a 5 %	Nivel Medio
K^+	3 - 7	5 - 15 %	Nivel alto
Na^+	< 15	> 15 %	Nivel muy alto

Anexo 3. *Panel fotográfico*



Fotografía 1. Delimitación y demarcación del campo experimental.



Fotografía 2. Plantación de estacas para la separación de las parcelas.



Fotografía 3. Preparación del terreno: labranza mínima y labranza en franjas.



Fotografía 4. Colocación de la semilla.



Fotografía 5. Tapado de la semilla.



Fotografía 6. Riego por gravedad únicamente en días críticas.



Fotografía 7. Colocación de tipos de cobertura: sin cobertura, cobertura con plástico y cobertura con rastrojo.



Fotografía 8. Vista panorámica de los tipos de cobertura.



Fotografía 9. Raleo de las plantas de frijol.



Fotografía 10. Ataque de plaga al cultivar de frijol Caraota Molinero.



Fotografía 11. Crecimiento y desarrollo del cultivar de frijol Caraota Molinero a los 45 días después de la siembra.



Fotografía 12. Crecimiento y desarrollo del cultivar de frijol Caraota Molinero a los 63 días después de la siembra.



Fotografía 13 y 14. Enfermedades del cultivar de frijol Caraota Molinero en tipos de cobertura: presentes en la cobertura con rastrojo y cobertura con plástico.



Fotografía 15 y 16. Plaguicidas y fungicidas utilizadas en el cultivo de frijol Caraota Molinera.



Fotografía 17 y 18. Floración y llenado de vainas del cultivar de frijol Caraota Molinero.



Fotografía 19. Desarrollo del cultivar de frijol Caraota Molinero a los 112 días después de la siembra.



Fotografía 20. madurez del cultivar de frijol Caraota Molinero a los 128 días después de la siembra.



Fotografía 21. Cosecha del cultivar de frijol Caraota Molinero a los 132 y 136 días después de la siembra.



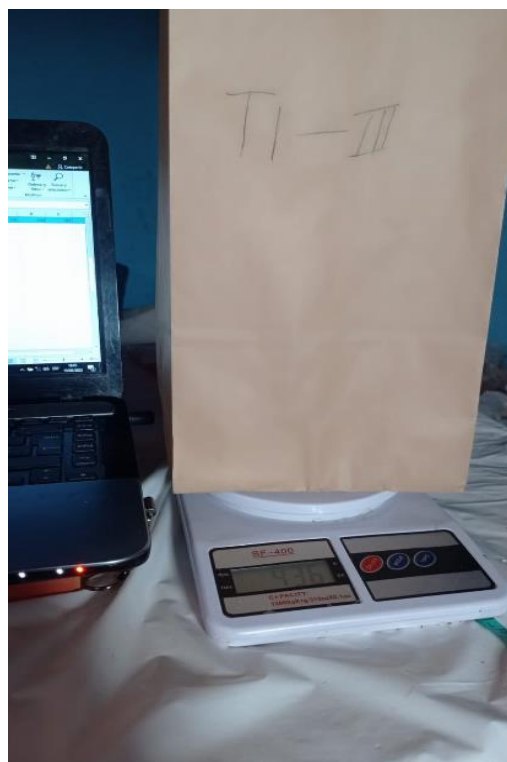
Fotografía 22. Trillado manual del cultivar de frijol Caraota Molinero.



Fotografía 23 y 24. Identificación de la especie y familia de las malezas en el campo experimental.



Fotografía 25. Recolección de muestras de malezas para determinar la materia fresca y seca.



Fotografía 26 y 27. Evaluación de altura y peso del grano seco del cultivar de frijol Caraota Molinero.



Fotografía 28 y 29. Evaluación de la longitud de vaina y número de grano por vaina del cultivar de frijol Caraota Molinero.



Fotografía 30. Evaluación del rendimiento de materia seca de malezas.

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. JAVIER FIGUEROA QUISPE
R.D. N° 291-2026-UNSCH-FCA-D

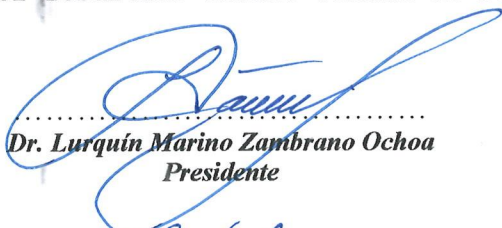
En la ciudad de Ayacucho, a los diez días del mes de julio del año dos mil veintiséis, siendo las quince horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por el Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa, Dr. Yuri Gálvez Gastelú como asesor, Ing. Eduardo Robles García y el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Tipos de cobertura y labranza conservacionista en el control de malezas y productividad de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Caraota Molinero, Pampa del Arco 2760 msnm, Ayacucho, 2025**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por el Bachiller **JAVIER FIGUEROA QUISPE**.

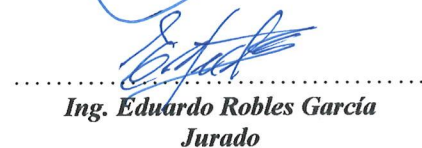
El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invitó a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa	13	13	15	14
Dr. Yuri Gálvez Gastelú	13	13	15	14
Ing. Eduardo Robles García	15	15	15	15
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza	14	14	14	14
PROMEDIO GENERAL				14

OBSERVACIONES: Por acuerdo unánime de los miembros del jurado, el título del trabajo de investigación debe ser: **Tipos de cobertura y labranza de conservación en el control de malezas y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Pampa del Arco, 2760 m s. n. m., Ayacucho, 2025**

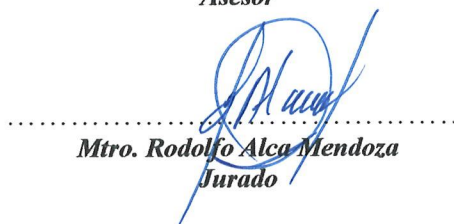
Acto seguido se invita a la sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa
Presidente


.....
Ing. Eduardo Robles García
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente


.....
Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Asesor


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Jurado

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por la R.D N° 213-2025-UNSCH-FCA-D; hace constar que el trabajo titulado:

Tipos de cobertura y labranza de conservación en el control de malezas y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Pampa del Arco, 2760 m s. n. m., Ayacucho, 2025

Autor : Javier FIGUEROA QUISPE
Asesor : Yuri GÁLVEZ GASTELÚ

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de tesis, aprobando mediante de RCU 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de catorce por ciento **(14%)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajo estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con identificador de la entrega: 3012016762

Ayacucho, 13 de agosto de 2026

Angela J. Requis Quintanilla

M.Sc. en Fitopatología
E.P. Agronomía

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Tipos de cobertura y labranza de conservación en el control de malezas y rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.), Pampa del Arco, 2760 m s. n. m., Ayacucho, 2025

por Javier FIGUEROA QUISPE

Tipos de cobertura y labranza de conservación en el control de malezas y rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.), Pampa del Arco, 2760 m s. n. m., Ayacucho, 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	7%
	Trabajo del estudiante	
2	repositorio.unsch.edu.pe	3%
	Fuente de Internet	
3	repositorio.lamolina.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.unfv.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	repositorio.unc.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
6	repositorio.unas.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
7	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
8	img1.wsimg.com	<1%
	Fuente de Internet	
9	repositorio.unan.edu.ni	<1%
	Fuente de Internet	
10	docplayer.es	<1%
	Fuente de Internet	
11	worldwidescience.org	<1%
	Fuente de Internet	
12	Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina	<1%
	Trabajo del estudiante	
13	docobook.com	<1%
	Fuente de Internet	
14	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion	<1%
	Trabajo del estudiante	

Excluir citas
Excluir bibliografía

Activo
Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Tipos de cobertura y labranza de conservación en el control de malezas y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Pampa del Arco, 2760 m s. n. m., Ayacucho, 2025

Javier Figueroa Quispe

javier.figueroa.01@unsch.edu.pe

Yuri Gálvez Gastelú

yuri.galvez@unsch.edu.pe

Área de investigación: Ingeniería y ciencias básicas

Línea de investigación: Ciencias de la Tierra y del ambiente

RESUMEN

El trabajo de investigación se llevó a cabo en Pampa del Arco, propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho. El estudio se realizó entre diciembre de 2024 y mayo de 2025, con el objetivo de determinar la influencia de tipos de cobertura y labranza de conservación en el control de malezas y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con un arreglo factorial de tres tipos de cobertura y dos tipos de labranza de conservación. La práctica de cobertura con plástico mostró los mayores valores, con 39.85 cm de altura de planta, 18.98 vainas por planta, 5.70 granos por vaina, 2633.68 kg ha⁻¹ de grano seco al 14% de humedad y un 49.02% de índice de cosecha. Además, con este tipo de cobertura se registró la menor acumulación de materia seca de malezas, con 912.48 kg ha⁻¹ consolidándose como la mejor estrategia para su control. La práctica de labranza en franjas mostró los mejores resultados, con 37.91 cm de altura de planta, 19.65 vainas por planta, 2676.95 kg ha⁻¹ de grano seco al 14% de humedad y un 49.93% de índice de cosecha. Asimismo, con este tipo de labranza se registró la menor acumulación de materia seca de malezas, con 1104.17 kg ha⁻¹, logrando un mejor control sobre estas. La labranza en franjas y la cobertura con plástico resultaron mejor en rendimiento de grano seco y control de malezas.

Palabras clave: Control de malezas, labranza de conservación, rendimiento de frijol, tipos de cobertura

**Types of cover and conservation tillage in weed control and yield of
common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Pampa del Arco, 2760 m a. s. l.,
Ayacucho, 2025**

ABSTRACT

The research was conducted in Pampa del Arco, a property of the National University of San Cristóbal de Huamanga, in the district of Ayacucho, province of Huamanga, Ayacucho region. The study was carried out between December 2024 and May 2025, with the objective of determining the influence of different cover types and conservation tillage practices on weed control and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield. A randomized complete block design (RCBD) was used, with a factorial arrangement of three cover types and two conservation tillage practices. The plastic cover practice showed the highest values, with 39.85 cm plant height, 18.98 pods per plant, 5.70 grains per pod, 2633.68 kg ha⁻¹ of dry grain at 14% moisture, and a 49.02% harvest index. Furthermore, this type of cover resulted in the lowest accumulation of weed dry matter, at 912.48 kg ha⁻¹, establishing itself as the best strategy for weed control. Strip tillage showed the best results, with a plant height of 37.91 cm, 19.65 pods per plant, 2676.95 kg ha⁻¹ of dry grain at 14% moisture, and a 49.93% harvest index. This type of tillage also resulted in the lowest accumulation of weed dry matter, at 1104.17 kg ha⁻¹, achieving better weed control. Strip tillage and plastic cover proved superior in terms of dry grain yield and weed control.

Keywords: Weed control, conservation tillage, bean yield, cover crop types

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas alimenticias de mayor importancia para el consumo humano. Su producción se extiende prácticamente a nivel mundial, adaptándose a una amplia variedad de ambientes. América Latina concentra una proporción significativa de la producción y el consumo, contribuyendo con más del 45% de la producción global (Voysset, 2000). Las leguminosas son cultivos de gran importancia nutricional, ya que sus granos aportan proteínas, carbohidratos, grasas, minerales y vitaminas esenciales para la alimentación humana. Tradicionalmente conocidas como la “carne de los pobres”, suelen consumirse junto con cereales, raíces y tubérculos, cuyos nutrientes se complementan mutuamente para conformar una dieta balanceada y de alto valor nutricional

(Madriz, 2018). El frijol presenta una baja capacidad competitiva frente a las malezas. La ausencia de control durante todo el ciclo del cultivo puede ocasionar pérdidas de rendimiento de hasta un 75%. Además, el período comprendido entre la emisión de la primera hoja trifoliada y la prefloración constituye la etapa crítica de competencia, en la que las malezas pueden reducir significativamente la productividad del cultivo (Hernández, 2009). Dentro de las estrategias sostenibles para el manejo de malezas, en este estudio se evaluó el uso de tipos de cobertura y labranza de conservación con el fin de mejorar el rendimiento del cultivo del frijol negro. Por las consideraciones expuestas, se planteó el siguiente trabajo de investigación con los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar la influencia de tipos de cobertura y labranza de conservación en el control de malezas y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Pampa del Arco, 2760 m s. n. m., Ayacucho, 2025.

Objetivos específicos

1. Evaluar la influencia de los tipos de cobertura en el control de malezas y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).
2. Evaluar la influencia de los tipos de labranza de conservación en el control de malezas y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en Pampa del Arco, de la Ciudad Universitaria de la UNSCH, ubicada a una altitud de 2760 m s. n. m., en Ayacucho, entre las coordenadas geográficas 13° 08' 38" S y 74° 13' 17" O.

2.2. Características del suelo

El suelo de Pampa del Arco, según la interpretación del análisis de suelo, tiene las siguientes características: reacción fuertemente alcalina, nitrógeno total bajo, fósforo disponible bajo, potasio disponible alto, materia orgánica baja, conductividad eléctrica ligeramente salina, nivel medio de carbonatos, capacidad de intercambio catiónico alta y textura del suelo franco arenoso.

2.3. Características climáticas

Según la Estación Meteorológica INIA-Canaán (Ayacucho), durante la campaña agrícola 2024-2025, la temperatura máxima, mínima y media fue de: 27.29, 8.23 y 17.76 °C

respectivamente, con una humedad relativa de 67.35%, evapotranspiración 1036.40 mm y una precipitación de 757.00 mm anual. Las mayores precipitaciones se registraron entre enero y marzo, siendo este último el mes más lluvioso del periodo.

2.4. Material biológico

Cultivo de frijol variedad Caraota Molinero.

2.5. Tratamientos experimentales

Tabla 1

Tratamientos de los factores en estudio

N.º	Tratamiento	Descripción
1	T1 = C0 × L1	Sin cobertura × labranza mínima
2	T2 = C1 × L1	Cobertura con plástico × labranza mínima
3	T3 = C2 × L1	Cobertura con rastrojo × labranza mínima
4	T4 = C0 × L2	Sin cobertura × labranza en franjas
5	T5 = C1 × L2	Cobertura con plástico × labranza en franjas
6	T6 = C2 × L2	Cobertura con rastrojo × labranza en franjas

2.5.1. Diseño experimental y análisis estadístico

El trabajo de investigación se instaló bajo el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con seis tratamientos con arreglo factorial de tres tipos de cobertura por dos tipos de labranza de conservación, con tres bloques (3C × 2L × 3r), lo que suma un total de 18 unidades experimentales.

Los datos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre las combinaciones de los tratamientos factoriales y sus efectos principales, seguido de la prueba de Tukey 5% ($\alpha = 0.05$) para identificar específicamente las diferencias entre medias.

2.6. Unidades experimentales (U. E.)

El cultivo de frijol se condujo en parcelas de 4.8 m² (2 × 2.4 m) con cuatro surcos por parcela, con un distanciamiento de 0.60 m entre surcos y 0.30 m entre golpe; el experimento consistió de 18 parcelas (U. E.), seis parcelas por bloque.

2.7. Instalación y conducción del experimento

El ensayo se instaló el 17 de diciembre de 2024 bajo dos sistemas de labranza (mínima y en franjas) y tres tipos de cobertura: sin cobertura, plástico negro (2.0 × 0.40 m entre surcos) y rastrojo vegetal (5–7 cm de espesor). La siembra se realizó manualmente a 0.30 m entre golpes (4 semillas por golpe), raleando posteriormente a 3 plantas por golpe. El cultivo se condujo sin fertilización ni riego, aprovechando el periodo lluvioso. El control fitosanitario

incluyó aplicaciones puntuales de insecticida (MACHAZO® HC) y fungicida (BENZOMIL® 500) para el manejo de *Diabrotica speciosa* y chupadera fungosa, respectivamente.

La cosecha se efectuó manualmente al alcanzar la madurez fisiológica de las vainas. La evaluación del cultivo se realizó en 10 plantas seleccionadas al azar en los dos surcos centrales de cada unidad experimental. Para la evaluación de malezas, se muestreó 1.0 m² por parcela, determinando su frecuencia sobre la base de las 18 parcelas evaluadas (100%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Control de malezas

3.1.1. Composición florística de las malezas

La Tabla 2 presenta la composición y distribución de malezas bajo los seis tratamientos evaluados, combinando coberturas y sistemas de labranza de conservación. Se registraron 35 especies distribuidas en 16 familias botánicas, destacando Poaceae, Asteraceae y Fabaceae como las más representativas. *Melilotus indicus* fue la especie dominante, con una población de 379 166 plantas ha⁻¹, 26.7% de abundancia y 100% de frecuencia, evidenciando su alta adaptación a las condiciones del sistema de producción. En general, los tratamientos sin cobertura, presentaron mayor población de malezas, asociadas a una mayor exposición del banco de semillas y condiciones favorables para la germinación. En contraste, los tratamientos con cobertura, especialmente el plástico, redujeron la presencia de malezas, mostrando un efecto supresor sobre la emergencia de malezas.

La superioridad de las coberturas con plástico demuestra su capacidad como barrera supresora física y lumínica. A su vez, las altas infestaciones en los testigos sin cobertura se atribuyen probablemente a la exposición directa del banco de semillas a estímulos de germinación. Esta dinámica poblacional es consistente en parte con Meza (2023), quien reportó 21 especies (hasta 647 494 plantas ha⁻¹) predominando *G. parviflora* y *P. oleracea*. Las diferencias en la flora predominante entre ambos estudios responderían a variaciones en los antecedentes del lote, clima y manejo de los cultivos (frijol vs. ajo). Asimismo, el comportamiento diferencial entre sistemas de preparación respalda lo propuesto por Infanzón (2009), quien señala que las variaciones en la población de malezas se relacionan con la distribución y profundidad de las semillas en el suelo, así como con su dormancia, factores que condicionan una emergencia escalonada y fluctuaciones en su densidad durante el ciclo del cultivo.

Tabla 2

Población, Abundancia y frecuencia de especies de malezas registradas en los diferentes tratamientos

Clasificación taxonómica			Población de malezas por tratamiento (pl. ha ⁻¹)						Población total (pl. ha ⁻¹)	Abundancia (%)	Frecuencia (%)
N.º	Familia	Especie	T1	T2	T3	T4	T5	T6			
1	Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i>	16667	0	9722	8333	2778	6944	44444	3.1	44
2		<i>Chenopodium album</i>	16667	5556	13889	5556	2778	13889	58335	4.1	72
3	Apiaceae	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	0	0	4167	0	1389	2778	8334	0.6	17
4		<i>Aspilia mossambicensis</i>	4167	0	0	0	0	0	4167	0.3	6
5	Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	0	4167	12500	19444	2778	12500	51389	3.6	67
6		<i>Erigeron canadensis</i>	0	1389	0	6944	0	0	8333	0.6	17
7		<i>Helianthus annuus</i>	0	0	0	0	0	1389	1389	0.1	6
8		<i>Sonchus oleraceus</i>	26389	9722	11111	12500	6944	13889	80555	5.7	83
9		<i>Schkuhria pinnata</i>	5556	4167	2778	4167	0	1389	18057	1.3	33
10	Brassicaceae	<i>Rapistrum rugosum</i>	0	2778	4167	0	1389	13889	22223	1.6	33
11		<i>Crotalaria pumila</i> Ortega	0	0	0	2778	0	0	2778	0.2	6
12	Fabaceae	<i>Melilotus indicus</i>	106944	36111	73611	84722	15278	62500	379166	26.7	100
13		<i>Medicago lupulina</i>	6944	1389	0	0	0	0	8333	0.6	11
14		<i>Medicago sativa</i>	9722	2778	11111	6944	0	4167	34722	2.4	33
15	Geraniaceae	<i>Medicago polymorpha</i>	0	4167	11111	5556	1389	6944	29167	2.1	33
16		<i>Erodium malacoides</i>	0	0	0	1389	0	0	1389	0.1	6
17	Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i>	36111	5556	12500	6944	1389	13889	76389	5.4	72
18	Malvaceae	<i>Fuertesimalva echinata</i>	0	0	0	0	1389	2778	4167	0.3	11
19	Nyctaginaceae	<i>Mirabilis viscosa</i>	0	0	0	4167	0	2778	6945	0.5	11
20	Papaveraceae	<i>Argemone mexicana</i>	0	0	4167	5556	0	0	9723	0.7	11
21	Poaceae	<i>Aristida congesta</i>	15278	2778	4167	0	0	4167	26390	1.9	28
22		<i>Avena fatua</i> L.	36111	11111	6944	16667	6944	13889	91666	6.5	83
23		<i>Chloris virgata</i> Sw.	19444	15278	9722	22222	4167	6944	77777	5.5	72
24		<i>Cenchrus clandestinus</i>	36111	11111	2778	12500	5556	0	68056	4.8	61
25		<i>Chloris pycnothrix</i> Hack.	0	0	0	4167	1389	2778	8334	0.6	17
26		<i>Eragrostis tenuifolia</i>	26389	5556	9722	9722	8333	8333	68055	4.8	67
27		<i>Melinis repens</i>	5556	5556	5556	0	1389	0	18057	1.3	28
28		<i>Setaria verticillata</i>	0	0	1389	0	0	0	1389	0.1	6
29	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	11111	12500	4167	6944	8333	11111	54166	3.8	56
30	Primulaceae	<i>Lysimachia foemina</i>	11111	0	9722	5556	1389	6944	34722	2.4	39
31	Scrophulariaceae	<i>Verbascum virgatum</i>	4167	5556	8333	12500	2778	6944	40278	2.8	56
32		<i>Datura stramonium</i>	1389	0	2778	0	0	0	4167	0.3	33
33	Solanaceae	<i>Nicandra physaloides</i>	13889	0	5556	4167	1389	4167	29168	2.1	33
34		<i>Solanum radicans</i>	5556	2778	0	2778	2778	5556	19446	1.4	33
35	Verbenaceae	<i>Verbena brasiliensis</i>	0	8333	9722	4167	1389	2778	26389	1.9	50
Total			415279	158337	251390	276390	83335	233334	1418065	100	

Nota. T1 (sin cobertura x labranza mínima), T2 (cobertura con plástico x labranza mínima), T3 (cobertura con rastrojo x labranza mínima), T4 (sin cobertura x labranza en franjas), T5 (cobertura con plástico x labranza en franjas) y T6 (cobertura con rastrojo x labranza en franjas).

3.1.2. Rendimiento de materia fresca y seca de malezas (kg ha^{-1})

Tabla 3

Resumen de análisis de varianza del rendimiento de materia fresca y seca de malezas en frijol, bajo el efecto de los tipos de cobertura y la labranza de conservación

Fuente de variación	GL	Rdto. de MF de malezas (kg ha^{-1})	Rdto. de MS malezas (kg ha^{-1})
		<i>p</i> -valor	<i>p</i> -valor
Bloque	2	0.0255 *	0.0287 *
Cobertura (C)	2	0.0134 *	0.0071 **
Labranza (L)	1	0.0612 ns	0.0261 *
Interacción (C $\times$ L)	2	0.5061 ns	0.5108 ns
Error	10		
Total	17		
C. V (%)		25.79	20.43

Nota. Rdto. = rendimiento; MF = materia fresca; MS = materia seca.

La Tabla 3 del análisis de varianza indicó que los tipos de cobertura afectaron significativamente el rendimiento de materia fresca y seca de malezas, mientras que la labranza solo influyó en la materia seca. La interacción cobertura $\times$ labranza no fue significativa para ninguna de las variables evaluadas. Los coeficientes de variación fueron inferiores al 26%, lo que indica una variabilidad experimental moderada.

Figura 1

Prueba de Tukey de los efectos principales en el rendimiento de materia fresca de malezas en frijol

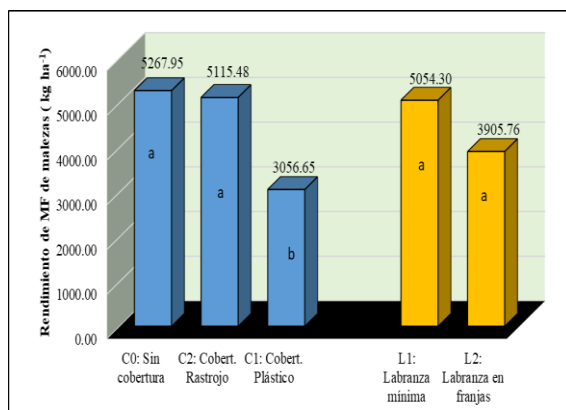
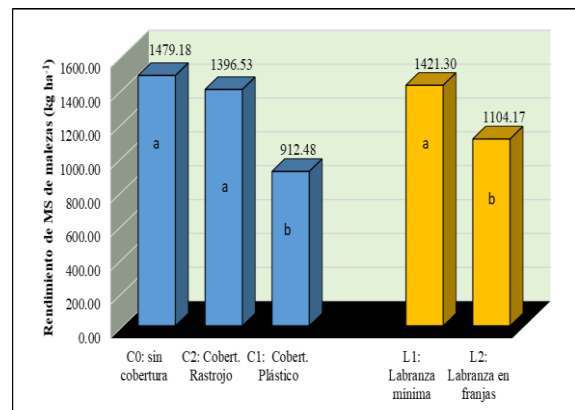


Figura 2

Prueba de Tukey de los efectos principales en el rendimiento de materia seca de malezas en frijol



Rendimiento de materia fresca de malezas

Tal como se observa en la Figura 1, la cobertura con plástico demostró eficiente control de malezas al reducir de forma significativa el rendimiento de materia fresca a $3056.65 \text{ kg ha}^{-1}$, superando a las demás coberturas. Respecto a la labranza, aunque el sistema en franjas obtuvo un valor inferior al de la labranza mínima, no se registraron diferencias

estadísticamente significativas entre ambos. Estos resultados evidencian la alta eficacia de la cobertura con plástico para contener la biomasa fresca al limitar la emergencia y el posterior desarrollo de las malezas. Este comportamiento coincide con lo documentado por Boutagayout et al. (2020), quienes reportaron un control del 86.8% de la biomasa vegetativa de malezas mediante el uso de plástico negro frente a un testigo sin cobertura.

Rendimiento de materia seca de malezas

La Figura 2 muestra que la cobertura con plástico fue la más eficiente en el control de malezas, al registrar la menor biomasa seca de 912.48 kg ha⁻¹, diferenciándose significativamente de las demás coberturas. Asimismo, la labranza en franjas presentó una menor biomasa seca de malezas de 1104.17 kg ha⁻¹ que la labranza mínima. Estos hallazgos evidencian una superioridad del acolchado sintético sobre el orgánico en la contención de malezas. Este comportamiento se explica por la capacidad del plástico para interceptar la radiación solar, restringiendo los micrositios de germinación que, en ausencia de cobertura, desencadenaron flujos continuos de emergencia y un incremento significativo en la biomasa seca final. Este comportamiento coincide con lo reportado por Morales y Herrera (1997), quienes explicaron que la solarización facilitada por la cobertura con plástico logra inhibir la emergencia y desarrollo de malezas tanto en condiciones de suelo disturbado como no disturbado, superando sustancialmente a los sistemas sin cobertura.

3.2. Cultivo de frijol

3.2.1. Altura de planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, rendimiento de grano al 14% de humedad (kg ha⁻¹) e índice de cosecha

Tabla 4

Resumen de análisis de varianza de altura de planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, rendimiento de grano al 14% de humedad e índice de cosecha

Fuente de variación	GL	Alt. (cm) <i>p</i> -valor	NVP <i>p</i> -valor	NGV <i>p</i> -valor	Rdto. (kg ha ⁻¹) <i>p</i> -valor	IC (%) <i>p</i> -valor
Bloque	2	0.6799 ns	0.2259 ns	0.1639 ns	0.5409 ns	0.0563 ns
Cobertura (C)	2	0.0100 *	0.0446 *	0.0039 **	0.1079 ns	0.0788 ns
Labranza (L)	1	0.0089 **	0.0015 **	0.1676 ns	0.0055 **	0.0025 **
Interacción (C × L)	2	0.0099 **	0.0463 *	0.8228 ns	0.0518 ns	0.2162 ns
Error	10					
Total	17					
C. V (%)		11.82	15.02	5.47	19.92	3.88

Nota. Alt. (cm) = altura de planta (cm); NVP = N.º de vainas por planta; NGV = N.º de granos por vaina; Rdto. (kg ha⁻¹) = rendimiento de grano seco (kg ha⁻¹); IC (%) = índice de cosecha.

La Tabla 4 presenta los resultados del análisis de varianza, los cuales mostraron que el tipo de cobertura y la labranza influyeron significativamente en la altura de planta y el número de vainas por planta, con interacción significativa entre ambos factores para estas variables. En contraste, el número de granos por vaina no fue afectado por la labranza ni por la interacción, presentando diferencias significativas únicamente para el tipo de cobertura. El rendimiento de grano y el índice de cosecha fueron influenciados significativamente por la labranza, mientras que el efecto del tipo de cobertura y de la interacción no fue significativo. Los coeficientes de variación oscilaron entre 3.88% y 19.92%, indicando una adecuada precisión experimental.

Figura 3

Prueba de Tukey de efectos simples en la altura de planta de frijol

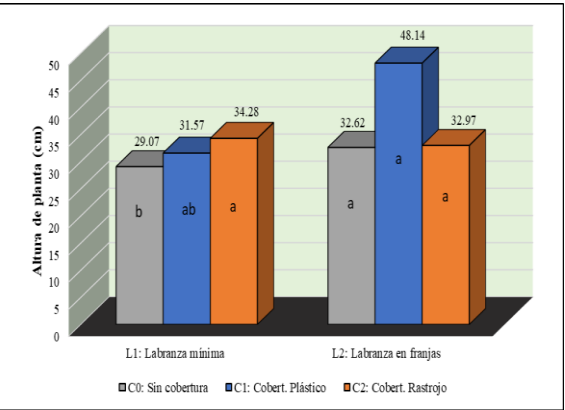


Figura 4

Prueba de Tukey de efectos simples en el número de vainas por planta de frijol

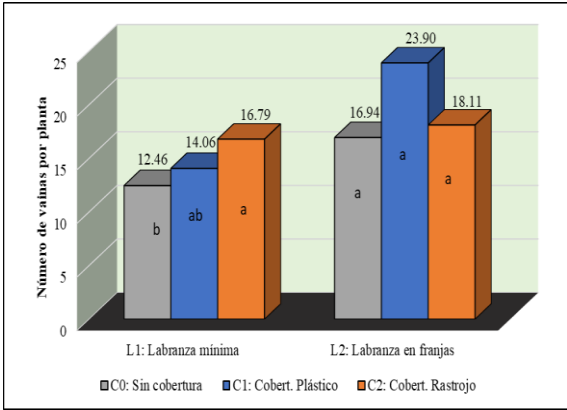


Figura 5

Prueba de Tukey de los efectos principales en el número de granos por vaina de frijol

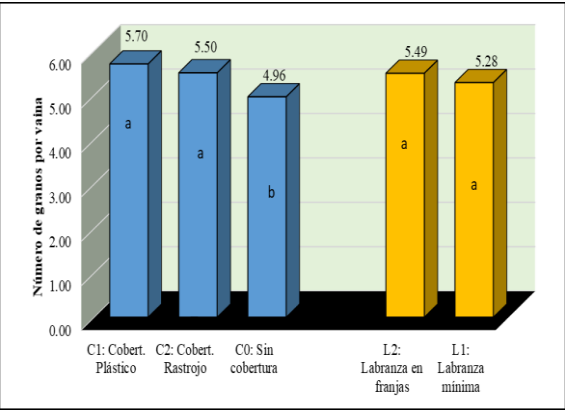


Figura 6

Prueba de Tukey de los efectos principales en el rendimiento de grano al 14% de humedad de

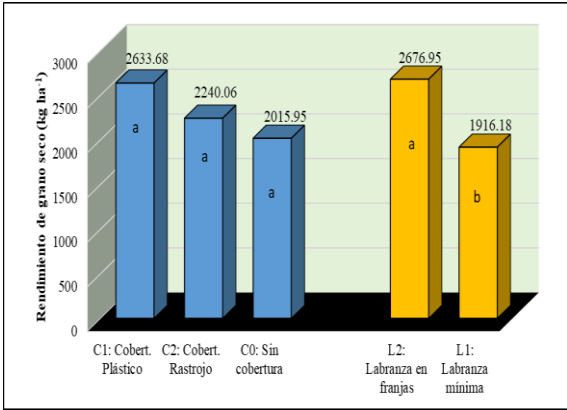
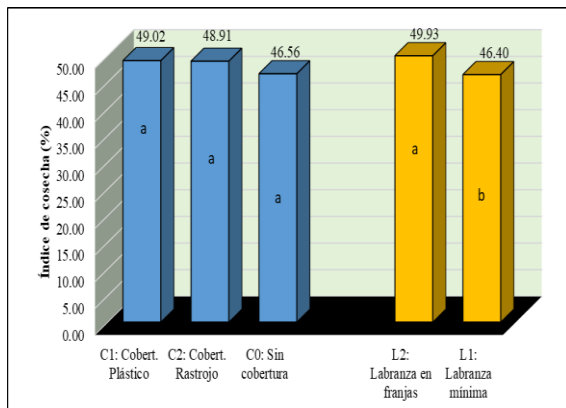


Figura 7

*Prueba de Tukey de los efectos principales
en el índice de cosecha de frijol*



Altura de planta (cm)

De acuerdo con la Figura 3, la altura de la planta de frijol varió en función de la combinación de los factores evaluados. La combinación de labranza en franjas y cobertura de plástico registró la mayor altura, con 48.14 cm, superando numéricamente a los demás tratamientos y diferenciándose estadísticamente del tratamiento con menor desarrollo. Asimismo, en promedio, la práctica de cobertura con plástico llegó a una altura, con 39.85 cm de altura y la práctica de labranza en franjas llegó a una altura promedio de 37.91 cm. Esto evidencia que la integración de la labranza en franjas y cobertura con plástico favorece el crecimiento vegetativo del cultivo.

Este comportamiento podría atribuirse a que la cobertura con plástico habría favorecido la retención de humedad edáfica y la supresión de malezas, mientras que la labranza en franjas habría optimizado la estructura y aireación del suelo en la zona radicular. Esta tendencia coincide con lo reportado por Ramadhani et al. (2024), quienes registraron alturas superiores en frijol común (68.37 cm) bajo acolchado plástico en comparación con el suelo desnudo, asociando dicha respuesta a una mayor disponibilidad hídrica y menor competencia con malezas, favoreciendo el crecimiento del cultivo.

Número de vainas por planta

Como se observa en la Figura 4, el número de vainas por planta de frijol presentó variaciones según la combinación de los factores de labranza y cobertura. La combinación de labranza en franjas y cobertura de plástico registró el mayor número de vainas, con 23.90, diferenciándose estadísticamente del valor más bajo obtenido en el tratamiento de labranza

mínima sin cobertura. Asimismo, en promedio, la práctica de cobertura con plástico obtuvo 18.98 vainas por planta y la práctica de labranza en franjas tuvo en promedio 19.65 vainas por planta. Estos resultados evidencian que el acondicionamiento del suelo en franjas sumado al uso de la cobertura con plástico favoreció significativamente el rendimiento de los componentes reproductivos del cultivo. Tal comportamiento podría atribuirse a que la regulación hídrica, la supresión de malezas y la mejora en la aireación del suelo habrían creado un microambiente idóneo para sostener una mayor carga reproductiva. Estos resultados son consistentes con lo documentado por Ibarra et al. (2012), quienes determinaron que la cobertura con plástico negro favoreció la formación de vainas por planta en frijol, alcanzando 22.25 vainas, debido a la mejora de las condiciones microambientales del suelo y una mayor disponibilidad de recursos para el cultivo.

Número de granos por vaina

La Figura 5 muestra que la cobertura con plástico presentó el mayor número de granos por vaina (5.70), seguida del rastrojo, superando estadísticamente al tratamiento sin cobertura. Por su parte, la labranza en franjas registró el mayor valor numérico, con 5.49 granos, aunque sin diferencias significativas respecto a la labranza mínima. Dado que se utilizó una única variedad de frijol, estas variaciones sugieren un efecto directo del microclima edáfico, donde la mayor retención de humedad, la regulación térmica y la supresión de malezas habrían optimizado el llenado del grano y reducido el aborto de óvulos.

No obstante, al contrastar estos hallazgos con la literatura, las medias obtenidas en la presente investigación resultaron inferiores a las documentadas por López (2009), quien reportó 6.21 granos en frijol Caraota, así como a lo reportado por Najarro (2025), quien registró 6.20 granos en tres variedades de frijol de grano negro. Estas discrepancias podrían explicarse por el potencial genético intrínseco de los cultivares empleados, así como por las condiciones edafoclimáticas particulares de cada ensayo.

Rendimiento de grano al 14% de humedad (kg ha⁻¹)

La Figura 6 muestra que la cobertura con plástico registró el mayor rendimiento de grano, con 2633.68 kg ha⁻¹, aunque sin diferencias significativas respecto a las demás coberturas. En contraste, la labranza en franjas alcanzó un rendimiento significativamente superior, con 2676.95 kg ha⁻¹ en comparación con la labranza mínima. La respuesta favorable observada bajo plástico se atribuye a una mayor conservación de la humedad edáfica y a la supresión efectiva de malezas, mientras que el desempeño de la labranza en franjas respondería a la mayor disponibilidad hídrica y a un ambiente más propicio para el desarrollo radicular.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Ramadhani et al. (2024), quienes alcanzaron un rendimiento de 2.67 t ha⁻¹ con cobertura con plástico en frijol negro. Por su parte, Gálvez (2021) informó un rendimiento de 3894.90 kg ha⁻¹ de vaina verde en arveja bajo el sistema de labranza en franjas. Sin embargo, los rendimientos fueron inferiores a los reportados por Huaranca (2023), Villar (2025) y Najarro (2025), con 3124.35, 5527.70 y 3635.93 kg ha⁻¹ respectivamente. Estas diferencias podrían atribuirse a que dichos estudios, realizados en frijol negro en Canaán (2735 m s. n. m., Ayacucho), donde se generó un entorno nutricional y edafoclimático más propicio que el evaluado en la presente investigación.

Índice de cosecha

La Figura 7 muestra que la cobertura con plástico presentó un mayor índice de cosecha de 49.02%, compartiendo el mismo grupo estadístico con el rastrojo y el testigo sin cobertura. Por su parte, la labranza en franjas, con 49.93%, superó de manera estadísticamente significativa a la labranza mínima. Este comportamiento sugiere una mayor partición de fotoasimilados hacia el grano, probablemente favorecida por una mejor disponibilidad de agua y una menor competencia con malezas durante el desarrollo del cultivo.

Estos resultados concuerdan con Gálvez (2021), quien determinó un índice de cosecha de 42.23% bajo labranza en franjas, destacando además un comportamiento favorable con el uso de coberturas muertas de leguminosas y gramíneas.

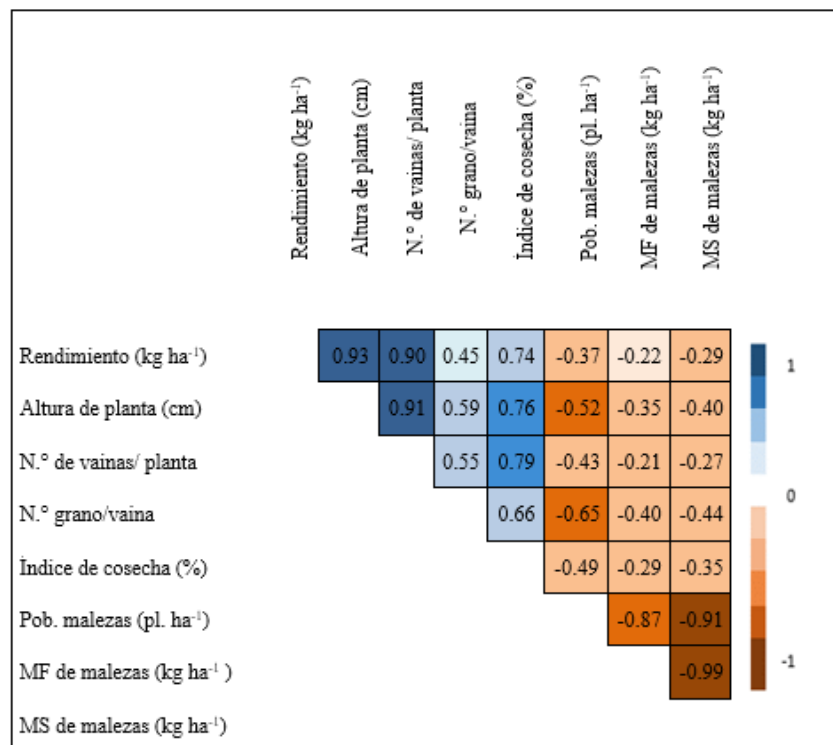
Correlación de las variables

En la Figura 8, el análisis de correlación muestra una asociación positiva y muy fuerte entre el rendimiento de grano, la altura de la planta y el número de vainas por planta. En contraste, la densidad poblacional y la biomasa seca de malezas exhibieron una correlación negativa débil con el rendimiento del cultivo.

La fuerza de estas relaciones evidencia que el rendimiento final depende estrechamente de la capacidad de la planta para establecer estructuras reproductivas (vainas). Asimismo, el sentido negativo de las variables de interferencia sugiere que la competencia por luz, agua y nutrientes ejercida por las malezas habría deprimido el potencial fisiológico del cultivo. Estos hallazgos se alinean con lo reportado por Pedrinho et al. (2018), quienes identificaron que el número de vainas y semillas por planta son los componentes de mayor covarianza y correlación positiva con el rendimiento en leguminosas, consolidándose como estimadores clave del potencial productivo.

Figura 8

Valores de los coeficientes de correlación Pearson de las variables



Por su parte, el efecto perjudicial de la interferencia por malezas concuerda con los hallazgos de Boutagayout et al. (2020), quienes observaron que la reducción de la densidad y biomasa de malezas mediante el uso de mulch y labranza de conservación favorece el crecimiento de las plantas e incrementa el número de vainas y el rendimiento de grano.

CONCLUSIONES

1. La práctica de cobertura con plástico mostró los mayores valores, con 39.85 cm de altura de planta, 18.98 vainas por planta, 5.70 granos por vaina, 2633.68 kg ha⁻¹ de grano seco al 14% de humedad y un 49.02% de índice de cosecha. Además, con este tipo de cobertura se registró la menor acumulación de materia seca de malezas, con 912.48 kg ha⁻¹, consolidándose como la mejor estrategia para su control.
2. La práctica de labranza en franjas presentó los mejores resultados, con 37.91 cm de altura de planta, 19.65 vainas por planta, 2676.95 kg ha⁻¹ de grano seco al 14% de humedad y un 49.93% de índice de cosecha. Asimismo, con este tipo de labranza se registró la menor acumulación de materia seca de malezas, con 1104.17 kg ha⁻¹, logrando un mejor control sobre estas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boutagayout, A., Nassiri, L., Bouiamrine, E. H., & Belmalha, S. (2020). Mulching effect on weed control and faba bean (*Vicia faba* L. Minor) yield in Meknes region, Morocco. *E3S Web of Conferences*, 183(8), 04002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018304002>
- Gálvez, G. Y. (2021). *Agricultura de conservación en la producción de arveja Pisum sativum L. en grano verde, Ayacucho, 2016* [Tesis doctoral]. Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/4865>
- Hernández, F. J. C. (2009). *Manual de recomendaciones técnicas cultivo de frijol*. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-9533.pdf>
- Huaranca, A. D. (2023). *Rendimiento de tres variedades de frejol de grano negro (Phaseolus vulgaris L.) con tutor y sin tutor. Canaán 2735 msnm* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/3fd9ca70-db93-4e18-8f67-ea307c42dbe9>
- Ibarra, L., Valdez, L. A., Cárdenas, A., Lira, H., Lozano, J., & Lozano, C. (2012). Influencia del doble cultivo en el crecimiento y rendimiento de frijol con cubierta plástica de colores. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(4), 470-475. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392012000400002>
- Infanzón, S. N. (2009). *Formas de control de malezas en dos variedades de achita (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2750 msnm—Ayacucho* [Tesis pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/6e059473-8cd3-4223-a033-9bcb0e27e340>
- López, C. F. (2009). *Efecto de dos tipos de abonos orgánicos y cuatro distanciamientos de siembra en la producción del frijol variedad caraota (Phaseolus vulgaris L.)* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://repositorio.uncp.edu.pe/items/af33e9db-ea5e-42bf-810b-09780785427d>
- Madriz, P. M. (2018). El cultivo de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y el frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Revista de la Facultad de Agronomía*. https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/15240
- Meza, A. M. (2023). *Época crítica de competencia de malezas en el cultivo de ajo (Allium sativum L.) Canaán, 2750 msnm—Ayacucho* [Tesis de pregrado]. Universidad

- Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
<https://repositorio.unsch.edu.pe/items/f3006a94-cf26-48df-b428-6c11d1cd2b07>
- Morales, J. G., & Herrera, F. (1997). Efecto de la solarización y del Basamid sobre semillas de seis especies de malezas y el chile dulce (*Capsicum annuum*). *BOLTEC*, 30(1), 15-26. <https://kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/a781459b-2103-4d50-94ea-2fdce912d85f/content>
- Najarro, T. J. (2025). *Microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (Phaseolus vulgaris L.), Canaán, 2750 msnm, Ayacucho, 2023* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://hdl.handle.net/20.500.14612/8485>
- Pedrinho, A., Mariano, E., Merloti, L. F., Danielson, R. E., & Eustáquio, de S. M. (2018). Common bean response to cover crop straw and topdressing nitrogen fertilization. *Crop Journal*, 12(7), 1129-1138. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.07.pne1062>
- Ramadhani, A. M., Nassary, E. K., Rwehumbiza, F. B., Massawe, B. H. J., & Nchimbi-Msolla, S. (2024). Impact of mulching treatments on growth, yields, and economics of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Eastern Tanzania. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1455206. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1455206>
- Villar, B. N. (2025). *Rendimiento del frejol de grano negro (Phaseolus vulgaris L.) con aplicación de nitrógeno e inoculante. Canaán 2735 msnm—Ayacucho 2023* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/2b3d264c-42e2-49c4-9d52-1a9e88aac29b>
- Voysest, V. O. (2000). *Mejoramiento genético del frijol (Phaseolus vulgaris L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://hdl.handle.net/10568/54161>