UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.) CON TRES DISTANCIAS DE SIEMBRA EN UN SISTEMA DE ACOLCHADO PLÁSTICO, CHALTURA- IMBABURA

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

AUTORA:

Córdova Morán Ana Cristina

DIRECTORA:

Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD

Ibarra, julio 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.) CON TRES DISTANCIAS DE SIEMBRA EN UN SISTEMA DE ACOLCHADO PLÁSTICO, CHALTURA- IMBABURA

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

INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Doris Chalampuente Flores, PhD …….

DIRECTOR FIRMA

Ing. Marcelo Albuja, MSc. ……..

ASESOR FIRMA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Córdova Morán Ana Cristina

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.) CON TRES DISTANCIAS DE SIEMBRA EN UN SISTEMA DE ACOLCHADO PLÁSTICO, CHALTURA- IMBABURA
AUTOR:	Córdova Morán Ana Cristina
FECHA DE APROBACIÓN:	20 de julio del 2026
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** □ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Agropecuária
DIRECTOR(A)/ ASESOR:	Ing. Doris Chalampuente Flores, PhD Ing. Marcelo Albuja, MSc.

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 20 días del mes de julio del 2026

EL AUTOR:

……

Córdova Morán Ana Cristina

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Córdova Morán Ana Cristina, bajo mi supervisión.

Ibarra a los 20 días del mes de julio de 2026

……

Ing. Doris Chalampuente Flores, PhD

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 20 días del mes de julio del 2026

Córdova Morán Ana Cristina: EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.) CON TRES DISTANCIAS DE SIEMBRA EN UN SISTEMA DE ACOLCHADO PLÁSTICO, CHALTURA- IMBABURA / Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 20 días del mes de julio del 2026 con 96 páginas.

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

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la producción de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) con tres distancias de siembra bajo un sistema de acolchado plástico. Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Comparar el comportamiento agronómico del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) con acolchado plástico.
- Determinar el efecto de las densidades de siembra bajo sistema de acolchado en el rendimiento de fréjol.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

……

Ing. Doris Chalampuente Flores, PhD

Directora de trabajo de grado

……..

Córdova Morán Ana Cristina

Autora

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia, en especial a mi esposo Boris, a mi hija Zoé y a mi hermano Santiago, por su amor, apoyo incondicional y paciencia durante este trayecto. Su confianza en mí ha sido fundamental para alcanzar esta meta.

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, institución a la que pertenezco y en la que he fortalecido mi formación académica y profesional. De igual manera, manifiesto mi profunda gratitud al programa Korea Partnership for Innovation of Agriculture (KOPIA), así como al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), específicamente al Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina, por proporcionar los medios y el respaldo técnico indispensables para la ejecución de este estudio.

Agradezco la valiosa dirección de la Ing. Doris Chalampuente Flores, PhD., así como las enseñanzas y orientación del Ing. Marcelo Albuja, la Dra. Julia Prado y la Dra. Magali Cañarejo, su acompañamiento fueron fundamentales en mi formación académica y la culminación de esta investigación.

Finalmente, agradezco a las personas que, de una u otra manera, contribuyeron con su apoyo, a mis amigos que me acompañaron durante esta etapa, fue una de las mejores, gracias por su lealtad y por su ayuda constante durante este trayecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO VII
ÍNDICE DE FIGURA XI
ÍNDICE DE TABLA XII
ÍNDICE DE ANEXOS XIII
RESUMEN XVI
ABSTRACT XVII
CAPÍTULO I 18
INTRODUCCIÓN 18
1.1 Antecedentes 18
1.2 Problema 19
1.3 Justificación 20
1.4 Objetivos 21
1.4.1 Objetivo general 21
1.4.2 Objetivos específicos 21
1.5 Hipótesis 22
CAPÍTULO II 23
MARCO TEÓRICO 23
2.1 Cultivo de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) 23
2.2.1 Importancia económica del fréjol en el Ecuador 23
2.1.2 Descripción taxonómica del fréjol 23
2.1.3 Morfología 24
2.2 Fenología 25
2.2.1 Factores ambientales que influyen en la fenología 26
2.3 Variedades mejoradas de fréjol desarrolladas en el Ecuador 26
2.3.1 Características de la variedad Paragachi y Centenario 26
2.4 Requerimientos edafoclimáticos 27
2.5 Manejo agronómico del cultivo de fréjol arbustivo 27
2.5.1Preparación de suelo 27
2.5.1 Sistema de producción en acolchado plástico 28
2.5.2 Función del acolchado plástico 28

2.5.3 Beneficios del acolchado plástico 29
2.5.4 Tipos de colores de plástico 29
2.5.5 Plástico negro a utilizar en la investigación 29
2.5.6 Distancias de siembra en acolchado plástico 30
2.5.7 Efecto de la densidad de siembra en el desarrollo vegetativo y reproductivo 30
2.6 Plagas y enfermedades 31
2.6.1 Principales plagas que afectan al fréjol 31
2.6.2 Principales Enfermedades 32
2.7 Incidencia de Plagas y enfermedades en el cultivo de fréjol arbustivo 33
2.7.1 Factores que Influyen en la Incidencia 33
2.7.2. Medición de la Incidencia 34
2.8 Costo de producción del cultivo de fréjol arbustivo 35
2.8.1 Indicadores Financieros 35
2.12 Marco Legal 36
CAPÍTULO III 38
MARCO METODOLÓGICO 38
3.1 Caracterización del área de estudio 38
3.1.1 Ubicación geográfica, política y características climáticas 39
3.2 Materiales e Insumos 39
3.3 Métodos 40
3.3.1 Factores de estudio 40
3.3.2 Tratamientos 40
3.3.3 Diseño Experimental 40
3.3.4 Características del Experimento 41
3.3.5 Característica de la unidad experimental 42
3.3.6 Análisis estadístico 42
3.4 Variables evaluadas 42
3.4.1 Humedad del suelo 42
3.4.2 Temperatura 42
3.4.3 Días a la emergencia 43
3.4.4 Porcentaje de germinación 43
3.4.5 Porcentaje a la floración 43
3.4.6 Formación de las vainas 44

3.4.7 Días a la cosecha en tierno 44
3.4.8 Longitud de vaina 44
3.4.9 Ancho de vaina 44
3.4.10 Número de vainas 45
3.4.11 Peso de las vainas 45
3.4.12 Incidencia y severidad de plagas y enfermedades de las plantas 46
3.4.13 Incidencia de plagas y enfermedades de la vaina 47
3.4.14 Beneficio Costo 48
3.5 Manejo del experimento 48
3.5.1 Preparación de terreno 48
3.5.2 Delimitación del área de experimento 49
3.5.3 Siembra 49
3.5.4 Raleo 50
3.5.5 Riego 50
3.5.6 Control de maleza 50
3.5.7 Fertilización 50
3.5.8 Controles fitosanitarios 51
3.5.9 Cosecha en verde 51
CAPÍTULO IV 53
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 53
4.1 Humedad del suelo del ciclo del cultivo de fréjol arbustivo (%) 53
4.2 Temperatura del suelo durante el ciclo del cultivo de fréjol arbustivo 55
4.3 Días a la emergencia 56
4.4 Porcentaje de germinación del fréjol arbustivo (%) 58
4.5 Porcentaje de floración (%) 59
4.6 Días a la formación de vainas (%) 61
4.7 Incidencia de plagas del cultivo de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) 63
4.7.1 Incidencia del gusano Trozador (Agrotis spp.) 63
4.7.2 Incidencia de la Mosca blanca (Bemisia tabaci G.) 65
4.8 Severidad de plagas del cultivo de fréjol arbustivo 65
4.8.1 Severidad del Trozador (Agrotis spp.) del fréjol arbustivo 66
4.8.2 Severidad de Mosca blanca (Bemisia tabaci G.) en el ciclo del cultivo de fréjol arbustivo 67
4.9 Incidencia y severidad de enfermedades en el ciclo del fréjol arbustivo 68

4.9.1 Incidencia de la Roya (Uromyces appendiculatus) 68
4.9.2 Severidad de la Roya (Uromyces appendiculatus) 70
4.10 Incidencia del gusano de la vaina (*Apion godmani*) de fréjol arbustivo 71
4.10.1 Categorías del daño en la vaina del fréjol arbustivo 72
4.11 Días a la cosecha en verde 74
4.12 Longitud de la vaina del cultivo de fréjol (cm) 75
4.13 Ancho de vaina de fréjol arbustivo 77
4.10 Número de vainas 78
4.11 Peso de la vaina 80
4.16 Beneficio-costo 81
CAPÍTULO V 84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 84
5.1 CONCLUSIONES 84
5.2 RECOMENDACIONES 84
REFERENCIAS 86
ANEXOS 96

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1*Ubicación geográfica del área de estudio* 38

Figura 2 *Diseño experimental de los tratamientos estudiados* 41

Figura 3 *Medición de la temperatura y humedad de suelo*..... 43

Figura 4 *Emergencia de fréjol arbustivo* 43

Figura 5 *Ancho de la vaina medida en cm*..... 45

Figura 6 *Vainas de fréjol arbustivo* 45

Figura 7 *Peso de vainas de unos de las unidades experimentales de fréjol* 46

Figura 8 *Niveles de daño de fréjol arbustivo*..... 48

Figura 9 *Terreno preparado para el cultivo de fréjol* 49

Figura 10 *Siembra del fréjol* 49

Figura 11 *Raleo de las unidades experimentales*..... 50

Figura 12 *Cosecha de las unidades experimentales del fréjol arbustivo* 52

Figura 13 *Humedad del suelo con acolchado plástico y sin acolchado plástico* 54

Figura 14 *Temperatura del suelo de los tratamientos estudiados durante el ciclo del fréjol arbustivo* 55

Figura 15 *Días a la emergencia del cultivo de fréjol arbustivo* 57

Figura 16 *Porcentaje de germinación de los tratamientos en estudio* 58

Figura 17 *Porcentaje de floración del cultivo de fréjol*..... 60

Figura 18 *Días a la formación de vainas del cultivo de fréjol bajo sistema de acolchado plástico* 61

Figura 19 *Incidencia de Roya (Uromyces appendiculatus) en el cultivo de fréjol*..... 69

Figura 20 *Severidad de la Roya (Uromyces appendiculatus) en el cultivo de fréjol arbustivo* .. 70

Figura 21 *Incidencia del gusano de la vaina (Apion godmani) en el fréjol* 72

Figura 22 *Días a la cosecha de fréjol arbustivo de Centenario y Paragachi* 74

Figura 23 *Longitud de la vaina de cada tratamiento*..... 76

Figura 24 *Ancho de la vaina del cultivo de fréjol*..... 77

Figura 25 *Numero de vainas por cada tratamiento*..... 79

Figura 26 *Rendimiento del peso de la vaina de cada tratamiento en estudio* 80

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 *Características de INIAP 429 Paragachi Andino e INIAP 484 Centenario* 27

Tabla 2 *Requerimientos edafoclimáticos en el cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en la zona Andina del Ecuado*r..... 27

Tabla 3 *Ubicación geográfica y climática del lugar de estudio Granja Experimental "La Pradera"* 39

Tabla 4 *Materiales e insumos que fueron utilizados en la investigación* 39

Tabla 5 *Descripción de los tratamientos que se implementaron en el ensayo* 40

Tabla 6 *Características del proyecto*..... 41

Tabla 7 Características de la unidad experimental..... 42

Tabla 8 *Escala general para evaluar germoplasma de fréjol frente a patógenos bacterianos y fungosos* 47

Tabla 9 *Fertilización foliar del fréjol arbustivo* 50

Tabla 10 *Controles fitosanitarios para el cultivo de fréjol arbustivo*..... 51

Tabla 11 *Análisis de varianza de la variable humedad del suelo*..... 53

Tabla 12 *Análisis de varianza de la variable temperatura del suelo*..... 55

Tabla 13 *Análisis de varianza para la variable días a la formación de vainas* 61

Tabla 14 *Incidencia de daño causado por el gusano trozador y mosca blanca del cultivo de fréjol* 63

Tabla 15 *Severidad del cogollero y mosca blanca en cultivo de fréjol arbustivo* 66

Tabla 16 *Porcentaje de daño en la vaina del cultivo de fréjol arbustivo frente a patógenos* 73

Tabla 17 *Rentabilidad de los tratamientos evaluados del cultivo de fréjol arbustivo*..... 82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 *Proyección de los costos de producción para una hectárea de fréjol arbustivo por tratamiento*..... 96

EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.) CON TRES DISTANCIAS DE SIEMBRA EN UN SISTEMA DE ACOLCHADO PLÁSTICO, CHALTURA-IMBABURA

Autor: Córdova Morán Ana Cristina
Universidad Técnica del Norte
Correo: accordovam@utn.edu.ec

RESUMEN

El fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.), esencial en la dieta ecuatoriana, limita su productividad por sequías y densidades inadecuadas; pérdidas climáticas y fitosanitarias >50% en cultivos convencionales. El Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, en asociación con KOPIA y la Universidad Técnica del Norte, evaluaron la producción de dos variedades de fréjol arbustivo, Centenario (V1) y Paragachi (V2) bajo acolchado plástico con distancias de siembra (dds) de 25, 30 y 50 cm, con testigos sin acolchado plástico. El estudio se realizó con diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas en la Granja Experimental La Pradera, midiendo variables morfoagronómicas, productivas, edáficas, fitosanitarias mediante ANOVA y LSD- Fisher ($p>0.05$), más costo-beneficio. Los resultados revelaron que el acolchado plástico incrementa hasta 2 a 3 °C en la temperatura del suelo y un aumento de 20% al 25% en la retención de humedad, lo que aceleró la emergencia de plántulas y adelantó la cosecha en verde en cuatro días con respecto a los testigos. Los tratamientos T1 (Centenario) y T2 (Paragachi) exhibieron el mejor desempeño productivo con rendimientos superiores de 6.5 t ha^{-1} a 30 cm de distancia de siembra, alcanzando una relación beneficio- costo de 1.6 y 1.7, respectivamente. Asimismo, la cobertura plástica actuó como barrera física efectiva disminuyendo la incidencia de plagas del suelo como el gusano trozador (*Agrotis* spp.). Esta investigación confirma que el acolchado plástico es una estrategia óptima para mejorar las fases, rendimiento y viabilidad económica del cultivo.

Palabras clave: Fréjol arbustivo, acolchado plástico, distancia de siembra, variedad Centenario, rendimiento, leguminosas, cobertura del suelo.

EVALUATION OF TWO VARIETIES OF BUSH BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) WITH THREE PLANTING DISTANCES IN A PLASTIC MULCH SYSTEM, CHALTURA-IMBABURA

Author: Córdova Morán Ana Cristina
Universidad Técnica del Norte
Email: accordovam@utn.edu.ec

ABSTRACT

Bush bean (*Phaseolus vulgaris* L.), essential to the Ecuadorian diet, faces productivity constraints due to droughts and inadequate planting densities, resulting in climatic and phytosanitary losses exceeding 50% in conventional crops. The Maize Program of the Santa Catalina Experimental Station of the National Agricultural Research Institute (INIAP), in association with KOPIA and Tecnica del Norte University, evaluated the production of two bush bean varieties, Centenario (V1) and Paragachi (V2), under plastic mulch at sowing distances of 25, 30, and 50 cm, compared to unmulched controls. The study was conducted using a randomized complete block design with split plots at the La Pradera Experimental Farm, measuring morpho-agronomic, productive, soil, and phytosanitary variables through ANOVA and LSD-Fisher ($p>0.05$), alongside a cost-benefit analysis. The results revealed that plastic mulch increases soil temperature by 2 to 3 °C and soil moisture retention by 20% to 25%, which accelerated seedling emergence and advanced the green harvest by four days compared to the controls. The T1 (Centenario) and T2 (Paragachi) treatments exhibited the best productive performance with higher yields of 6.5 t ha^{-1} at 30 cm planting distance, reaching a benefit-cost ratio of 1.6 and 1.7, respectively. Likewise, the plastic cover acted as an effective physical barrier, reducing the incidence of soil pests such as the chopworm (*Agrotis* spp.). This research confirms that plastic mulching is an optimal strategy to improve the phenological phases, yield and economic viability of the crop.

Keywords: Bush bean, plastic mulching, planting distance, Centenario variety, yield, legumes, ground cover.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La agricultura desempeña un papel fundamental en la economía y la subsistencia de las comunidades de todo el mundo y Ecuador no es una excepción. La provincia de Imbabura, ubicada en la región andina, se distingue por su diversidad agrícola y su relevancia en la producción de alimentos básicos, especialmente en cultivos de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.), que constituye una fuente esencial de proteínas (24g/100g), carbohidratos (50g/100g) y fibra (25g/100g) para la población local de acuerdo con a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2021). Según el Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador SIPA (2025) en el país, la superficie sembrada de fréjol supera las 19 958 ha anuales, con aproximadamente el 90% de esta área concentrada en la Sierra, donde el cultivo se integra como componente clave de los sistemas de producción de pequeños agricultores.

Estudios realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP (2025) menciona que, el acolchado plástico se ha aplicado en los últimos años, lo que permitió analizar sus defectos sobre el suelo y el rendimiento a partir de prácticas sucesivas de cobertura. En este contexto, el acolchado plástico ha demostrado mejorar el clima del suelo: incrementa la cobertura superficial, reduce la evaporación, conserva la humedad y favorece un mayor aprovechamiento de la radiación solar, lo que estimula la absorción de nutrientes, la fotosíntesis y el desarrollo de las fases tecnológicas de cultivos (Sangoquiza et al., 2024; Deng et al., 2019).

Investigaciones de INIAP han evaluado el efecto del acolchado plástico en el rendimiento de maíz variedad INIAP- 122, en camas cubiertas de plástico y siembra en doble hilera, separadas a 80 cm y con una semilla cada 25 cm entre plantas, encontrando incrementos de rendimiento en promedio de 0.9 t ha^{-1}, en comparación con el sistema sin cobertura (INIAP, 2022; Esquivel et al., 2024). Estos resultados resaltan la capacidad del acolchado para mejorar la eficiencia del uso del agua, el control de malezas y la protección de las plantas frente a fluctuaciones técnicas, lo que contribuye a la estabilidad de la producción agrícola (Deng, 2019). En otros ensayos el maíz realizado en Chaltura (Imbabura), el acolchado plástico incrementó la temperatura del suelo hasta 1.23 °C, redujo la evaporación y aceleró la emergencia y floración con rendimientos de 2.91 a 4.95 t ha^{-1}

frente a 2.75 t ha^{-1} en el sistema convencional, en sistemas de siembras de 25- 50 cm entre planta, con una relación beneficio- costo de 1.92- 2.55, lo que implica un aumento de aproximadamente 85% (Terán, 2024).

En arveja, investigaciones realizadas por Lastra (2026) reportó que el acolchado plástico incrementó el rendimiento de vaina fresca de 2 661- 5 982 kg ha^{-1} en el testigo sin cobertura hasta 1 342- 1 198 kg ha^{-1}en sistemas con acolchado lo que implica un incremento de 2.1 a 5.3 veces dependiendo de la variedad y el color de esta. De forma similar, un ensayo con arveja bajo acolchado plástico consiguió un incremento en el rendimiento de hasta 3.9 t ha^{-1} a una distancia de siembra de 50 cm con una menor incidencia de plagas de enfermedades y una relación con beneficio-costo superior a uno que es favorable (Vinocunga, 2024). Estos hallazgos evidencian que el acolchado plástico mejoró la eficiencia física, adelantó la floración y la cosecha, además redujo la presencia de malezas y el uso de herbicidas, de modo que incrementó la productividad (Deng, 2012; Moreno- Pérez et al., 2022).

En contexto local específicamente en la granja Experimentar La Pradera, donde el sistema de acolchado ha pasado por maíz-arveja-maíz y se encuentra en el cuarto ciclo con fréjol arbustivo el acolchado plástico se ha afianzado como una práctica que mejora la temperatura del suelo, conserva la humedad, adelanta la cosecha y aumenta la productividad frente a la viabilidad climática (FAO, 2021; INIAP, 2025). Por consiguiente, aún se requiere información específica sobre la interacción entre las variedades del fréjol (Centenario y Paragachi) y las distancias de siembra en un sistema de cualquier plástico aplicado por dos años consecutivos con diferentes cultivos, ya que diferentes espacios modifican la densidad de plantas, competencia por luz y recursos, y la dinámica del dosel, lo que influyó directamente a la evaluación del presente estudio.

1.2 Problema

La producción de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Ecuador se ha visto afectada principalmente por el uso de material genético poco hecho, ya que Cerca del 90% de las semillas empleadas en los agricultores corresponden a una semilla común de granja aproximadamente de un 7% a una semilla mejorada y apenas un 3% a una semilla Certificada de variedades lideradas por INIAP, como Centenario (INIAP, 2025; MAGAP, 2022). Esta situación limita la expresión del potencial productivo de los cultivos y la vulnerabilidad frente a plagas y enfermedades, como roya,

antracnosis y producción de raíz, que pueden causar pérdidas superiores al 30% del rendimiento en campañas desfavorables (Almachi, 2024).

El cultivo de fréjol arbustiva enfrenta a las limitantes como la variabilidad climática en zonas alto andinas, la irregularidad de lluvias y la ocurrencia de eventos extremos (sequías, heladas, lluvias intensas), que afectan el establecimiento, la floración, el llenado de vainas y, en consecuencia, el rendimiento y la calidad del producto. A ello se suman manejos deficientes de arvenses y baja adopción de tecnologías de conservación de humedad y mejora del microclima del suelo, Entre ellas el acolchado plástico (INIAP, 2025). Almachi (2024) menciona también que este problema se agrava porque limita el rendimiento y la calidad de fréjol, además, la falta de información sobre las distancias de siembra, el manejo de riego y fertilización en sistemas de acolchado plástico que generan decisiones de manejo ineficientes reduciendo la productividad y aumentan el el riesgo de pérdidas económicas para los agricultores. Murillo et al., 2022).

1.3 Justificación

En primer lugar, desde una perspectiva de seguridad alimentaria y nutricional el fréjol es una fuente accesible de proteína de alta calidad, hierro, zinc y otros micronutrientes, por lo que cualquier tecnología que permita incrementar su rendimiento y estabilidad productiva tiene impacto directo sobre la dieta de la población especialmente rural (Karavidas et al., 2022).

La presente investigación se justifica por la necesidad de conocer el comportamiento agronómico y productivo del fréjol arbustivo en sistemas de acolchado plástico considerando 2 variedades locales (Centenario y Paragachi) y distintas distancias de siembra, en el contexto de una secuencia de cultivos maíz-arveja-maíz-frejol y de segundo año de aplicación de acolchado plástico en la región de Imbabura. Este planteamiento responde a la creciente importancia de la agricultura, la seguridad alimentaria y la necesidad de aumentar la productividad de los pequeños y medianos agricultores sin comprometer la calidad del suelo ni el entorno natural (FAO, 2021; INIAP, 2025).

La importancia de la investigación es mejorar la productividad y la eficiencia de cultivo del fréjol, qué es un componente básico de la dieta de la población local y una fuente relevante de ingresos para los agricultores. La Evidencia disponible indica que el acolchado plástico puede incrementar los rendimientos de maíz en torno a 0.9 t ha^{-1} de arveja en mas de 3.9 a 5.9 t ha^{-1}, en condiciones de acolchado, con respecto al sistema sin cobertura (INIAP, 2022; Esquivel et al., 2024; Lastra, 2026). Estos resultados sugieren que el acolchado tiene potencial para incrementar la producción

de fréjol, además de deducir la necesidad de herbicidas, la pérdida de agua por evaporación y la compactación del suelo, contribuyendo así a prácticas agrícolas más responsables y económicamente viables (Deng, 2019; Ángeles-Pérez et al., 2021).

En el contexto del presente estudio, ser el cuarto ciclo de cultivo y el segundo año con acolchado plástico permite evaluar esta práctica a mediano plazo. La permanencia del plástico en el suelo por dos ciclos consecutivos puede generar tanto beneficios como riesgos: por un lado, mejora la temperatura y humedad, favorece el crecimiento y la precocidad de la cosecha, y disminuye el impacto de heladas de sequías (Gonzáles- García et al., 2023). Por lo tanto, la investigación contribuye a clarificar si el acolchado plástico, aplicado de forma continua, representa una alternativa para los sistemas de producción de Imbabura y a nivel local.

La investigación también tiene relevancia científica y social, ya que permite comprender mejor la interacción entre variedad de fréjol, sistema de acolchado y distancias de siembra, Así como la evolución de la productividad y la calidad del suelo a través de secuencias de cultivos sucesivas. Los resultados pueden ser utilizados para instituciones como INIAP, Programa Coreano de Cooperación Internacional en Tecnología Agrícola (KOPIA) Y las unidades de extensión técnica para formular recomendaciones adaptadas a la realidad de Imbabura, Promoviendo prácticas de manejo integrado que aumenten la resiliencia de los sistemas productivos frente al cambio climático, optimicen el uso de recursos hídricos y mejoren la rentabilidad de los agricultores y familias (FAO, 2021; Terán, 2024).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar la producción de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) con tres distancias de siembra bajo un sistema de acolchado plástico.

1.4.2 Objetivos específicos

- Comparar el comportamiento agronómico del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) con acolchado plástico.
- Determinar el efecto de las densidades de siembra bajo sistema de acolchado en el rendimiento de fréjol.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

1.5 Hipótesis

Ho: Ninguno de los tratamientos bajo el sistema de acolchado plástico tiene un efecto en la producción de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Ha: Uno de los tratamientos bajo el sistema de acolchado plástico tiene un efecto en la producción de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Cultivo de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.)

2.2.1 Importancia económica del fréjol en el Ecuador

El fréjol tiene relevancia económica y productiva en el Ecuador, tanto por su parte a la seguridad alimentaria como por su potencial de rendimiento en sistemas campesinos. Guamán et al. (2020) Reportan que el fréjol representa aproximadamente el 0.90% de producción nacional de cultivos transitorios y evidencian rendimientos entre 0.87 y 1.96 t ha^{-1} según la variedad, con Centenario como el material más productivo de 1.96 t ha^{-1}. A escala nacional, la agricultura familiar produce uno de dos tercios de los alimentos del país, sosteniendo la oferta interna y contribuyendo a las exportaciones agrícolas, pese a los altos niveles de pobreza rural y su nutrición, lo que plantea retos de justicia social y sostenibilidad del modelo productivo (Espinel & Solórzano, 2025).

2.1.2 Descripción taxonómica del fréjol

Según Valladares (2010), la clasificación taxonómica del fréjol se detalla a continuación:

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Rosidae
- Orden: Fabales
- Familia: Fabaceae
- Subfamilia: Faboideae
- Tribu: Phaseoleae
- Subtribu: Phaseolinae
- Género: *Phaseolus*
- Especie: *vulgaris*
- Nombre científico: *Phaseolus vulgaris* L.

Nombres comunes: fréjol, fréjol, poroto, habichuela, judía, ejote, alubia, caraota.

2.1.3 Morfología

En el primer desarrollo, su sistema radical lo forma la radícula del embrión, que luego se convierte en la raíz principal o primaria. A los pocos días de emerger la radícula es posible ver las raíces secundarias, Que se desarrollan especialmente en la parte superior o cuello de la raíz principal. Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales, además se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz. En general, el sistema radical es superficial, ya que el mayor volumen de raíces se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad del suelo (Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, 2012).

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Agro ITESM (2010) Considera que el tallo puede ser identificado como el eje central de la planta, el cual está formado por la sucesión de nudos y entre nudos. El tallo tiene generalmente un diámetro mayor que las ramas y puede ser erecto, semi postrado o postrado, según el hábito de crecimiento de la variedad. De acuerdo con su forma y su hábito de crecimiento los cultivares se agrupan en dos tipos: los de crecimiento determinado y los de crecimiento indeterminado.

Los de crecimiento determinado se ramifican más, la altura total de la planta es menor (30- 90 cm) y al comenzar la floración cesa el desarrollo de esta. Los de crecimiento indeterminado son los trepadores, pueden seguir desarrollándose tras la floración. Debido a esta circunstancia, la altura de sus tales puede variar entre los 50 cm hasta los 3 m. El primer par de hojas, que se origina a partir de los cotiledones, es opuesto y de forma acorazonada. Las hojas definitivas las forman tres foliolos, el central es ovoide y simétrico y los laterales, asimétricos (Peralta, 2011). El tamaño varía con el cultivar y las condiciones del cultivo. Las hojas de fréjol son de 2 tipos: simples y compuestas, y están insertadas en los nudos del tallo, se forman en la semilla durante la embriogénesis y caen antes de que la planta esté completamente desarrollada.

Las flores están organizadas en racimos, situadas en las axilas de las hojas, y su color varía del blanco al morado. Aunque el fréjol produce menos flores que otras leguminosas, como la soya, cuajan en mayor proporción. Las flores, hermafroditas y completas, comienzan a desarrollarse por la parte inferior de la planta. Puesto que suelen auto fecundarse, los cultivares se pueden multiplicar por semilla, sin perder las características genéticas de la planta madre a mediano plazo (Araujo, 2008). El fruto es una vaina, esta especie se clasifica como leguminosas las vainas pueden ser de

diversos colores, uniformes o con rayas, dependiendo de la variedad. Dos suturas aparecen en la Unión de las valvas: la sutura dorsal, Llamada placental y la sutura ventral. Los óvulos, que son las futuras semillas, se alternan en la sutura placental de la semilla de fréjol (CIAT, 2012).

2.2 Fenología

La fase vegetativa y reproductiva se describe a continuación (Fernández et al., 1986):

a) Fase vegetativa

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.

- V0 Germinación. La semilla está en condiciones favorables para iniciar la germinación.
- V1 Emergencia. Los cotiledones del 50 % de las plantas aparecen al nivel del suelo.
- V2 Hojas primarias. Las hojas primarias están desplegadas.
- V3 Primera hoja trifoliada. Las hojas primarias del 50 % de las plantas están desplegadas.
- V4 Tercera hoja trifoliada. La tercera hoja trifoliada del 50 % de las plantas está desplegada.

b) Fase Reproductiva

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.

- R5 Prefloración. Los primeros botones o racimos han aparecido en el 50 % de las plantas.
- R6 Floración. Se ha abierto la primera flor en el 50 % de las plantas.
- R7 Formación de las vainas. Al marchitarse la corola, en el 50 % de las plantas aparece por lo menos una vaina.
- R8 Llenado de las vainas. Llenado de semillas en la primera vaina en el 50 % de las plantas.
- R9 Maduración. Cambio de color en por lo menos una vaina en el 50 % de las plantas del verde al amarillo uniforme o pigmentado.

2.2.1 Factores ambientales que influyen en la fenología

Los factores ambientales que influyen directamente en la fenología del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) son:

- **Temperatura:** Es el factor más determinante; regula la velocidad de desarrollo desde la emergencia hasta la madurez. El fréjol es sensible a temperaturas extremas (bajas <10°C o altas >30°C), que pueden detener el crecimiento o causar aborto floral.
- **Fotoperiodo (Horas de luz):** Muchas variedades, especialmente las de origen tropical, son sensibles a la duración del día. Un fotoperiodo inadecuado puede retrasar la floración o inducir una madurez prematura, afectando el rendimiento.
- **Disponibilidad de agua:** La humedad del suelo es crítica en etapas clave como la floración y el llenado de grano. El estrés hídrico en estas fases reduce drásticamente la formación de vainas y el peso de las semillas.
- **Radiación solar:** La intensidad de la luz afecta la tasa de fotosíntesis y la acumulación de biomasa, influyendo en la duración de las etapas vegetativas y reproductivas.
- **Características del suelo:** Aunque es un factor edáfico, la temperatura del suelo (afectada por el acolchado) y la disponibilidad de nutrientes modulan la velocidad de crecimiento inicial y la eficiencia en el uso del agua.

2.3 Variedades mejoradas de fréjol desarrolladas en el Ecuador

Dentro de las variedades mejoradas desarrolladas por INIAP en el país están:

Las variedades arbustivas como la INIAP 414 yunguilla, INIAP 418 Je-Ma, INIAP 422 blanco Belén, INIAP 420 canario del chota, INIAP 423 Canario, INIAP 424 Concepción y INIAP 425 blanco fanesquero, INIAP 427 Libertador, INIAP 428 canario guarandeño, INIAP 484 centenario, INIAP 429 Paragachi andino, INIAP 430 portilla, INIAP 480 Rocha, INIAP 481 rojo del valle, INIAP 482 Afro andino.

2.3.1 Características de la variedad Paragachi y Centenario

En la tabla 1 se indica las características de las variedades de fréjol arbustivo (Murillo et al., 2012):

Tabla 1

Características de INIAP 429 Paragachi Andino e INIAP 484 Centenario

Características	INIAP 429 Paragachi Andino	INIAP 484 Centenario
Hábito de crecimiento	Indeterminado (II) sin guía	Determinado (I) sin guía
Altura de planta (cm)	50 a 70	45 a 50
Largo de Vaina (cm)	11 a 13	12 a 14
Color de grano tierno	blanco- rosa	rosa
Color de grano seco	Mateado con crema	Rojo moteado con crema
Forma de grano	Redondeado ovoide	Arriñonado
Días de floración	45 a 50	42 a 45
Días de cosecha en tierno	85 a 100	70 a 85
Vainas por planta	9 a 18	8 a 23
Granos por vaina	4 a 6	4 a 7
Peso de 100 g seco (g)	46 a 52	55 a 58

2.4 Requerimientos edafoclimáticos

El cultivo del fréjol en la región Andina del Ecuador está influenciado por una serie de requerimientos edafoclimáticos que son fundamentales para su desarrollo óptimo. En primer lugar, el fréjol requiere de un clima templado a subtropical, con temperaturas promedio que oscilan entre los 15°C y 25°C durante su período de crecimiento, además, una alta luminosidad y una buena radiación solar son necesarias para estimular su desarrollo vegetativo y reproductivo (Tabla 2).

Tabla 2

Requerimientos edafoclimáticos en el cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en la zona Andina del Ecuador

Factores	Descripción
Altitud	1 000 a 2 500 m.s.n.m.
Temperatura	21 °C
Precipitación	300 a 700 mm
Ph	6.5 a 7.5
Textura	franco o francos arenosos

Fuente: INIAP (2014)

2.5 Manejo agronómico del cultivo de fréjol arbustivo

2.5.1Preparación de suelo

A continuación, se presenta las labores culturales para el cultivo de fréjol:

_a_) Preparación de Terreno

Antes se realiza el desbroce de la maleza, seguido de un pase de arado y dos de rastra en forma cruzada, con la finalidad de desmenuzar el suelo y dejar en condiciones adecuadas para la siembra, luego se realiza el surcado.

b) Siembra

En las zonas norte y sur del país la siembra se realiza culturalmente al inicio de las lluvias, de febrero a abril y de septiembre a noviembre además del distanciamiento de siembra entre surco de 60 cm a 70 cm, entre planta de 25 cm a 30 cm y 2 a 4 semillas por sitio (Escoto, 2011).

c) Fertilización

La mayoría de los suelos, en donde se cultiva fréjol, requieren de la incorporación de fertilizantes químicos y/o abonos orgánicos según el análisis de suelo para obtener una buena cosecha (Jiménez et al., 2012).

d) Labores culturales

El fréjol debe mantenerse libre de malezas durante los primeros 30 días siguientes a la germinación, caso contrario, habrá una reducción del rendimiento proporcional al número de días que permanezca enmalezado el cultivo (Ruiz, 2013).

e) Riego

Es indispensable el riego más en las épocas de sequía, para que germine de la mejor manera y por ende obtener mejores resultados.

2.5.1 Sistema de producción en acolchado plástico

El acolchado es una técnica que consiste en colocar una cobertura sobre la superficie del suelo, donde se asienta el cultivo, usando para ello materiales orgánicos o plásticos, que faciliten la protección de las tantas otorgando una humedad en la matriz edáfica y una temperatura controlada en el medio atmosférico circundante en las plantas (García Luna, 2015).

2.5.2 Función del acolchado plástico

El uso de acolchado plástico en fréjol arbustivo protege grandes superficies de la erosión por viento y lluvia, mantiene la humedad y regula la temperatura. Esa tecnología transmite energía solar al

suelo, generando un efecto invernadero que eleva el calor diurno y nocturno, lo que favorece un desarrollo vegetal acelerado y una cosecha precoz con mejores precios de mercado (Suárez, 2019).

Además, el acolchado plástico incrementa el rendimiento del gran, adelanta la floración, estimula la fijación biológica de nitrógeno y protección de excesos de humedad, pudriciones radiculares y antracnosis al mismo tiempo que mantiene las vainas limpias y mejora la calidad comercial de la cosecha (Sangoquiza, 2024).

2.5.3 Beneficios del acolchado plástico

Suarez (2019), menciona los siguientes beneficios del acolchado plástico:

- Aumento de la productividad: mejora en los rendimientos de los cultivos debido a condiciones óptimas del suelo y microclima.
- Conservación del agua: reducción significativa en la evaporación del agua, mejorando la eficiencia del riego.
- Control de malezas: disminución en el crecimiento de malezas, lo que reduce la competencia por recursos y la necesidad de herbicidas.
- Protección contra temperaturas extremas: provisión de un entorno más estable para el crecimiento de las plantas, protegiendo las fluctuaciones de temperatura.

2.5.4 Tipos de colores de plástico

Sangoquiza (2024) mencionan los siguientes colores de acolchado plástico:

- Negro: Se utiliza para el control de malezas y evitar la evaporación del agua del suelo, debido a su color absorbente en torno a un 91% de radiación solar que incide sobre él, por lo que es el tipo de acolchado que más se calienta, aunque no transmite la radiación al suelo puede llegar a producir quemaduras en los órganos de la planta en contacto con el film.
- Blanco: el plástico blanco refleja la luz y proporciona un lecho significativamente más fresco que casi cualquier otro color. Este plástico posee protección UV y está garantizado para un año de uso en climas que son excesivamente calurosos.
- Transparente: Es un polietileno sin ningún tipo de pigmento ni aditivo y se utiliza para evaluar la temperatura del suelo y evitar la evaporación del agua en la superficie del suelo.

2.5.5 Plástico negro a utilizar en la investigación

A continuación, se indica el beneficio del acolchado plástico de color negro a investigarse (Almachi, 2024):

- Control de malezas: El acolchado plástico negro bloquea la luz solar, impidiendo la germinación y el crecimiento de malezas alrededor de las plantas de fréjol. Esto reduce la competencia por nutrientes y agua, favoreciendo un mejor desarrollo del cultivo.
- Conservación de la humedad: el plástico negro reduce la evaporación del agua de suelo, ayudando a mantener el nivel de humedad constante. Esto es beneficioso en regiones con poca disponibilidad de agua o durante periodos secos.
- Aumento de la temperatura del suelo: El color negro del plástico absorbe la radiación solar y aumenta la temperatura del suelo, Lo que puede acelerar el crecimiento de las raíces y mejorar la absorción de nutrientes. Esto es particularmente útil en climas más fríos o en las temporadas tempranas del cultivo.
- Mejora la eficiencia del riego: Al conservar la humedad del suelo y reducir la evaporación, el acolchado plástico mejora la eficiencia del riego, permitiendo un uso más eficiente del agua.
- Protección contra enfermedades: Al reducir el contacto de las plantas con el suelo, el acolchado plástico puede ayudar a disminuir la incidencia de enfermedades transmitidas por el suelo.

2.5.6 Distancias de siembra en acolchado plástico

Para el fréjol arbustivo con recubrimiento de plástico negro, se implementa un sistema de hilera por cama, dividiendo las camas a una distancia de 1.2 a 1.5 m, aunque las dos filas en el plástico tienen una separación de entre 30 y 40 cm. Durante la siembra en cada hilera, se realizan orificios de siembra cada 20 a 30 cm, Depositando 2 a 13 millas por golpe a una profundidad de 3 a 4 cm, con el fin de alcanzar una densidad óptima que maximice el rendimiento y optimice el espacio.

2.5.7 Efecto de la densidad de siembra en el desarrollo vegetativo y reproductivo

Según Tamu et al. (2022) la variación en las distancias de siembra genera respuestas fisiológicas en las etapas vegetativas y reproductivas:

a) **Desarrollo vegetativo:** a distancias reducidas (25 cm), se observa un mayor número de plantas por metro lineal, lo que induce a un crecimiento vertical más acelerado (etiolación)

en busca de la luz, resultando en tallas más delgadas y una menor ramificación basal. En contraste, distancias mayores (50 cm) permiten un desarrollo más robusto de la arquitectura de la planta, con mayor ramificación y área foliar individual, aunque con menor cobertura del suelo inicial.

b) **Desarrollo reproductivo:** la competencia por luz en densidades altas (25 cm) puede alterar la senescencia de las hojas inferiores y reducir la eficiencia fotosintética durante la floración, afectando la taza de cuajado de las vainas. Las distancias intermedias (30 cm) suele representar un equilibrio óptimo donde se maximiza el número de vainas por hectárea sin comprometer excesivamente el tamaño de la semilla. Distancias muy amplias (50 cm) pueden resultar en un mayor peso de grano individual y vainas más largas por planta, pero el rendimiento total por unidad de área puede disminuir si el número de plantas no compensa la menor densidad.

2.6 Plagas y enfermedades

En un ecosistema natural conviven una gran diversidad de especies, cuyo crecimiento poblacional es controlada por la ley del equilibrio, pero con la intervención del hombre los ecosistemas se convierten en campos cultivados o agroecosistemas sujetos a una serie de perturbaciones adicionales en los cuales se provoca el aumento de la población de una determinada especie que causa daño al cultivo.

2.6.1 Principales plagas que afectan al fréjol

a) Mosca blanca (*Bemicia tabaci* G.**)**

La mosca blanca es un insecto hemimetábolo (metamorfosis incompleta) pero sus ninfas se aparecen más a la cochinilla que a los adultos de mosca blanca. Cuando eclosionan, se desplazan hasta alimentarse en él en vez de las hojas, donde permanecen inmóviles (Román, 2012). La mosca blanca es una plaga primaria del cultivo de fréjol, no por los daños mecánicos que puedan ocasionar al cultivo, sino porque es vector de enfermedades.

b) Lorito verde (*Empoasca* sp.**)**

El lorito verde es una plaga que puede llegar a ser limitante en la época de verano, ya que afecta el desarrollo y crecimiento de las plantas. El daño es ocasionado por su saliva, qué es fitotóxica y es inyectada en el momento de la alimentación, lo que provoca una reducción de la producción, que

los bordes de las hojas se tornen amarillos y se encrespen cuando se dan ataques severos, se produce un achaparramiento de las plantas (Arias et al.,2013).

c) Minador del fréjol (*Liriomyza* sp**.)**

Es una de las plagas polífagas que pueden llegar a ser muy limitante para el cultivo de fréjol, Ya que ocasionan daños importantes en las primeras fases de su desarrollo, que reducen el proceso fotosintético de la planta. Este insecto tiene diversos enemigos naturales, que se ven afectados por el uso irracional de los productos químicos que se utilizan para el control de plagas en el cultivo (Garza, 2001).

d) Gusano de la vaina (*Apion godmani***)**

El gusano de la vaina es una plaga de fréjol la arbustivo causado por un escarabajo que perfora las vainas jóvenes para depositar sus huevos. Las larvas se alimentan del interior de la vaina creando túneles que dañan los granos y facilitan la entrada de enfermedades.

e) Trozador (*Agrotis* spp.**)**

El trozador es una plaga polífaga que ataca las hojas y brotes tiernos del fréjol, dañando su desarrollo. Sus larvas se alimentan de follaje y pueden perforar las vainas.

2.6.2 Principales Enfermedades

a) Roya (*Uromyces appendiculatus***)**

Este hongo afecta a toda la parte aérea de la planta, aunque comúnmente se localiza en hojas y eventualmente en vainas. En las hojas se observan sus puntuaciones o pústulas de color rojizo o marrón, aisladas o reunidas en tejido muerto de gran tamaño, estas pústulas contienen un polvo abundante correspondiente a las fluctuaciones del hongo (Alcoba, 2005).

b) Fusarium (*Fusarium oxysporum***)**

En el campo se observan plántulas pequeñas y marchitas, con los ojos inferiores amarillentas, distribuidas en focos. La enfermedad causa una maduración temprana de la planta. Las raíces presentan color café rojizo o café oscuro. En un corte de observa el tejido interno de color café o rojizo oscuro. La base del tallo se puede cubrir con una felpa de color anaranjado claro o rosado (IICA, 2008)

b) Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum***)**

Los síntomas se presentan en tallos, peciolos, hojas, vainas y semillas. En plantas jóvenes, los tallos presentan manchas pequeñas (1 mm), alargadas, Ligeramente hundidas, qué crecen a lo largo y pueden quebrarse. Debajo de las hojas, las venas principales se ven quemadas (IICA, 2008).

c) Mancha Angular (*Phaeoisariopsis griseola***)**

Los síntomas son más frecuentes en hojas y vainas, aunque también aparecen en tallos. En las hojas se observan pequeñas manchas de color gris o café, de forma cuadrada o triangular, con borde amarillento. Estas manchas crecen y se unen, por debajo de la mancha de la hoja se observan pequeños bastoncitos grises. En plantas adultas ocurren amarillamiento y caída de las hojas inferiores. Estas vainas se observan manchas café o rojizas circulares con un borde más oscuro (IICA, 2008).

2.7 Incidencia de Plagas y enfermedades en el cultivo de fréjol arbustivo

En la frecuencia o tasa de aparición de una determinada plaga o enfermedad en una población de plantas dentro de un área específica del cultivo. Es un indicador que mide la extensión de la presencia de placas o enfermedades en el cultivo, Proporcionando una idea del alcance del problema (Hernández, 2018).

2.7.1 Factores que Influyen en la Incidencia

Según Carrillo, 2018 la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de fréjol arbustivo está determinada por múltiples factores, entre los cuales destacan:

a) **Condiciones ambientales:** La temperatura, la humedad relativa y las precipitaciones son factores clave que afectan la presencia y la proliferación de plagas y patógenos.
b) **Prácticas agrícolas:** El manejo del cultivo, Incluyendo en la rotación de cultivos, el uso de variedad de resistentes, y las prácticas de fertilización y riego, influye en la susceptibilidad del fréjol a plagas y enfermedades.
c) **Interacciones ecológicas:** Las relaciones entre diferentes especies de plagas, sus enemigos naturales y los patógenos también afectan la dinámica de la incidencia.

2.7.2. Medición de la Incidencia

Para evaluar la incidencia de plagas y enfermedades, se utilizan diversos métodos que permiten cuantificar la presencia y el impacto de estos agentes en el cultivo:

a) Monitoreo y Muestreo

Consiste en la inspección regular de las parcelas de cultivo para identificar y contar la presencia de plagas y síntomas de enfermedades. Se pueden utilizar cuadrantes de muestreo y trampas específicas para recolectar datos representativos.

b) Escalas de Daño Visual

Las escalas de daño visual son herramientas estandarizadas que permiten categorizar y cuantificar el nivel de daño observado en las plantas. Estas escalas facilitan la comparación de datos y la evaluación de la severidad de las infestaciones y las infecciones (Carrillo, 2014). Las escalas de daño para la incidencia de plagas y enfermedades según, incluirán las siguientes categorías:

- **Nivel 0 (Sin Daño)**: No se observa daño aparente en la planta.
- **Nivel 1 (Daño Muy Leve)**: 1-10% de la planta muestra signos de daño. Puede incluir pequeños puntos o lesiones mínimas en las hojas o tallos.
- **Nivel 2 (Daño Leve)**: 11-25% de la planta afectada. Se observa un mayor número de hojas con manchas, decoloración o pequeñas áreas necrosadas.
- **Nivel 3 (Daño Moderado)**: 26-50% de la planta muestra síntomas de daño. Se incluyen hojas amarillentas, deformaciones, y una reducción moderada en el vigor de la planta.
- **Nivel 4 (Daño Considerable)**: 51-75% de la planta afectada. Se observa una severa decoloración, necrosis extensa, y daños significativos en hojas, tallos y, posiblemente, en las vainas del fréjol.
- **Nivel 5 (Daño Severo)**: 76-90% de la planta muestra daño. El crecimiento de la planta está gravemente afectado, con muchas hojas y tallos muertos.
- **Nivel 6 (Daño Muy Severo)**: 91-100% de la planta afectada. La planta está moribunda o muerta por la alta incidencia de plagas o enfermedades.

2.8 Costo de producción del cultivo de fréjol arbustivo

La estructura de costos para las variedades Paragachi y Centenario en la provincia de Imbabura se ve influenciada directamente por los precios del mercado reportados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Según los reportes de precio de la Cadena de Granos Básicos del MAG (2023), El precio de venta al productor de fréjol tipo Paragachi en los mercados locales de Ibarra y Otavalo ha oscilado entre 1.4 y 1.65 USD kg^{-1}, mientras que la variedad Centenario, por su mayor demanda en mercados de exportación y consumo interno de alta calidad, ha alcanzado rangos de uno 5 a 1.75 USD kg^{-1} . Estos valores son fundamentales para proyectar el ingreso bruto considerando que la producción tradicional en la zona de chaltura promedia de 1.8 a 2.2 t ha^{-1}, mientras que sistemas con tecnificación cómo es el acolchado puede superar las 2.5 t ha^{-1}, según las guías técnicas del INIAP (2022).

En cuanto a los costos directos, la adquisición de semillas de estas variedades, distribuida por el INIAP, tiene un costo promedio de cero 8 a 1.1 USD kg^{-1}, requiriendo una densidad de siembra que varía según la distancia (25, 30, 50 cm). El sistema de acolchado plástico introduce un costo fijo adicional significativo: el pastico negro de 25-30 micras, esencias para la retención de humedad y control de malezas en la sierra, tiene un precio de mercado que ronda los 0.15 a 0.20 USD metro cuadrado (MAG, 2023), Lo que representa una inversión inicial de aproximadamente 1 500 a 2 000 USD ha^{-1} sólo en material, más la mano de obra para su instalación. Por otro lado, la mano de obra en Imbabura, que contribuye el 40 a 50% del costo total, se ha incrementado un 15% desde 2020, situándose el jornal agrícola de 6 a 7.5 USD $día^{-1}$ (INEC, 2023).

2.8.1 Indicadores Financieros

Para evaluar la viabilidad económica del cultivo de fréjol arbustivo, el análisis de beneficio-costos se fundamenta en indicadores financieros clave que contrastan la producción tradicional con el sistema de acolchado plástico. El ingreso bruto se calcula sumando el valor de los productos y subproductos multiplicados por sus precios unitarios locales, mientras que el ingreso neto representa la diferencia en ingreso y el costo total de producción. Estos valores permiten cuantificar la rentabilidad financiera directa, expresado como un porcentaje mediante la rentabilidad simple, que resulta de la relación entre el ingreso neto y el costo total.

Adicionalmente, la relación beneficio-costo sirve como un indicador sintético para determinar la eficiencia de la inversión, obtenida al dividir el ingreso bruto entre el costo total. Según Castro

(2015) interpretación inmediata de la situación económica del proyecto: un valor superior a uno indica la obtención de ganancias, un valor inferior a uno señala perdidas, y un valor igual a uno marca el punto de equilibrio. La aplicación de estos indicadores proporciona una base objetiva para comparar la rentabilidad de ambas tecnologías de producción bajo las condiciones de la zona de estudio.

2.12 Marco Legal

En el desarrollo de la presente investigación se fundamenta en el cumplimiento de la normativa vigente establecida en la Constitución Política del Ecuador de 2008, la cual le sirve como marco legal indispensable para garantizar que los objetivos del estudio se alineen con los derechos constitucionales y los principios de desarrollo del país.

El Artículo 13 de la Constitución garantiza el derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos, "preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales". En consecuencia, resulta fundamental impulsar investigaciones que optimicen el rendimiento de los cultivos, no solo para ampliar los beneficios de la producción a más colectivos, sino también para generar y transferir nuevos conocimientos técnicos que los agricultores puedan aplicar directamente en sus sistemas productivos.

Asimismo, el Capítulo III, Artículo 281, establece que la soberanía alimentaria es un objetivo estratégico y una obligación del Estado para asegurar que "las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente". En el Ecuador debe fomentar la producción de cultivos estratégicos mediante la investigación científica y la innovación tecnológica fortaleciendo así la seguridad y soberanía alimentaria nacional.

Por otro lado, el Artículo 320 señala que en las diversas formas de organización de los procesos de producción se estimulará "una gestión participativa, transparente y eficiente", sujeta a principios de calidad, sostenibilidad, productividad sistémica y eficiencia económica y social. Esta normativa subraya que toda actividad productiva debe cumplir con estándares rigurosos que garanticen la obtención de alimentos de alta calidad y valor nutritivo, asegurando su idoneidad para el consumo humano.

El segundo Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS 2) de las Naciones Unidas, con proyección al año 2030, establece la meta de “garantizar sistemas de producción de alimentos sostenibles e implementar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, que ayuden a mantener los ecosistemas, que fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, condiciones climáticas extremas, sequías, inundaciones y otros desastres y que mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo”. En este contexto, la investigación agronómica busca alinear las prácticas locales con estos estándares globales, promoviendo técnicas que no sólo incrementan el rendimiento, sino que también salvaguarden la integridad ambiental y la resiliencia frente a fenómenos climáticos adversos.

CAPÍTULO III

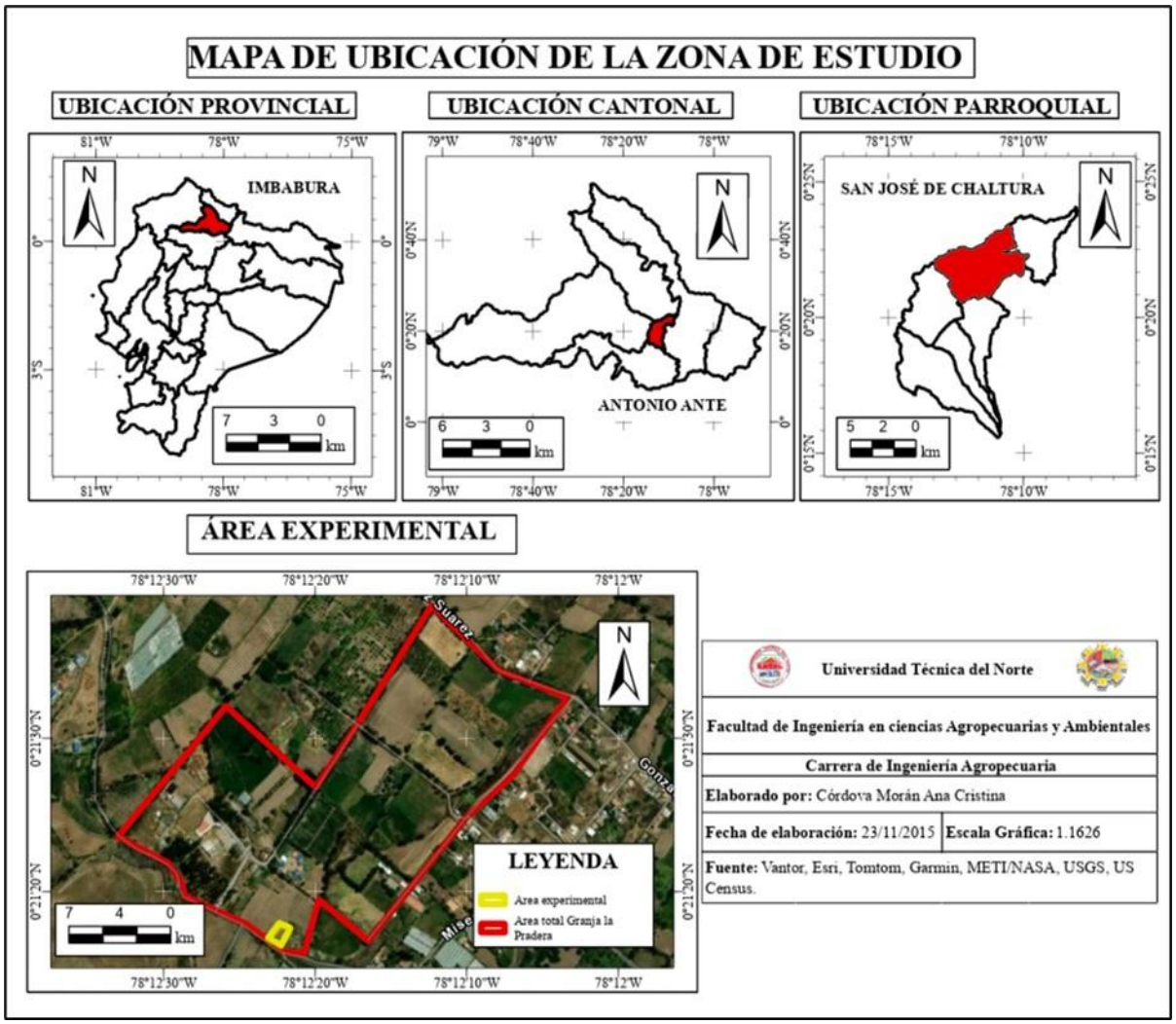
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Caracterización del área de estudio

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la Granja Experimental “La Pradera” en la parroquia San José de Chaltura, cantón Antonio Ante (Figura 1).

Figura 1

Ubicación geográfica del área de estudio



3.1.1 Ubicación geográfica, política y características climáticas

Las características edáficas y climáticas descritas por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Antonio Ante (2020) se presentan a continuación.

Tabla 3

Ubicación geográfica y climática del lugar de estudio Granja Experimental "La Pradera"

Parámetros	Información
Latitud	0º 21' 18.1" N
Longitud	78º12' 21.4" W
Altitud	2340 m.s.n.m.
Precipitación anual	522 mm
Temperatura media anual	15.4 °C
Humedad relativa	70%

3.2 Materiales e Insumos

A continuación, se muestran los materiales que se utilizaron:

Tabla 4

Materiales e insumos que fueron utilizados en la investigación

Materiales de campo	Materiales de oficina	Material experimental	Insumos
Bomba de fumigar	Libreta de campo	Fréjol arbustivo centenario	Plástico negro para acolchado
Letreros, piola	Computadora	Fréjol arbustivo Paragachi	Fertilizantes
Mangueras	Etiquetas		Fungicidas
Estacas	Balanza digital		
mascarilla, guantes			
Aspersores			

3.3 Métodos

Para la presente investigación, se implementó un diseño en Bloques con parcelas divididas distribuidas al azar (Figura 1) y los datos obtenidos fueron procesados con el software estadístico InfoStat versión 2022.

3.3.1 Factores de estudio

En la presente investigación se evaluaron dos factores.

Factor 1: Distancia de siembra

D1: Distancia de siembra 30

D2: Distancia de siembra 25

D3: Distancia de siembra 50

Factor 2: Variedad de semilla

V1: Variedad Centenario

V2: Variedad Paragachi

3.3.2 Tratamientos

En la Tabla 5 se presenta la descripción de los tratamientos que fueron proporcionados por INIAP.

Tabla 5

Descripción de los tratamientos que se implementaron en el ensayo

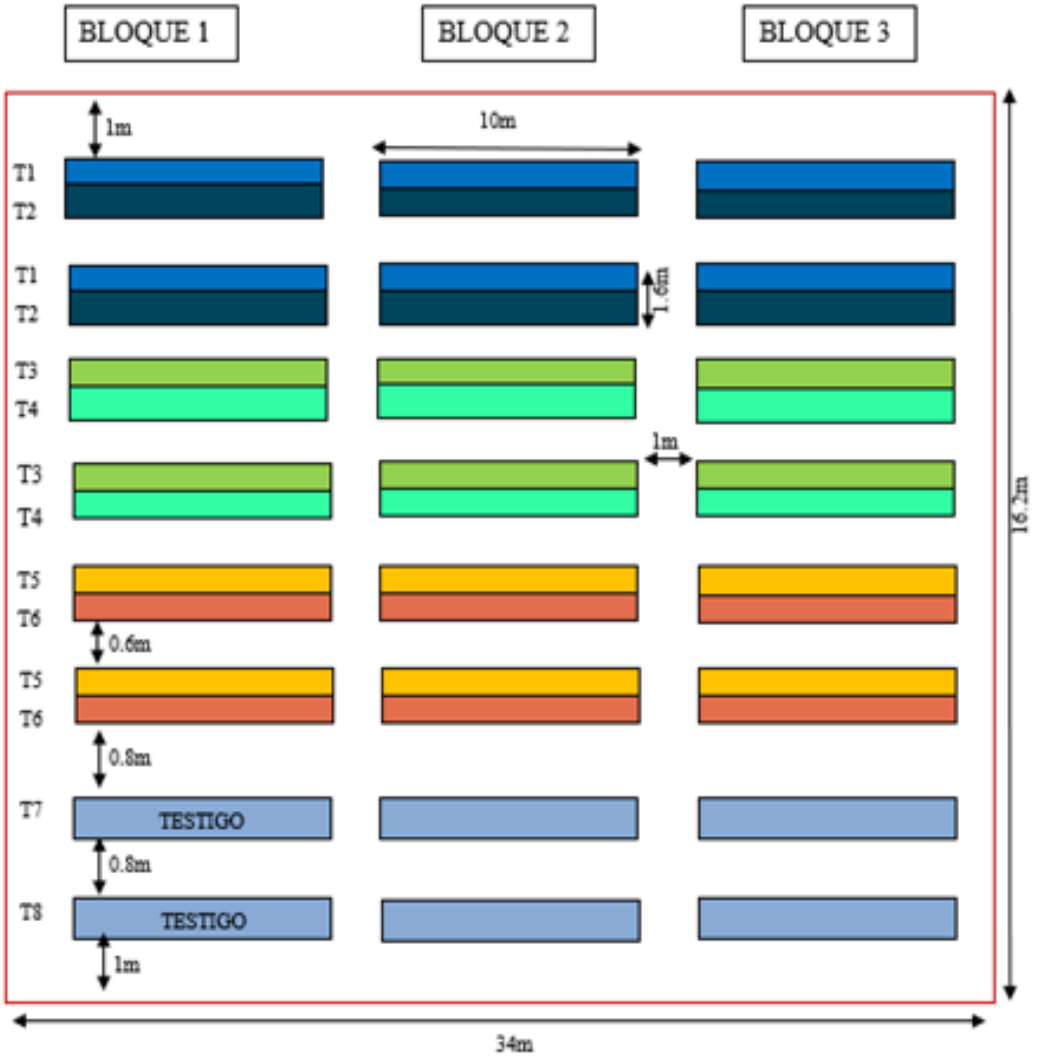
Tratamiento	Interacción	Descripción	Código
T1-T2	V1 + D1	Variedad 1 cada 30 cm	T1
	V2 + D1	Variedad 2 cada 30 cm	T2
T1-T2	V1 + D1	Variedad 1 cada 30 cm	T1
	V2 + D1	Variedad 2 cada 30 cm	T2
T3-T4	V1 + D2	Variedad 1 cada 25 cm	T3
	V2 + D2	Variedad 2 cada 25 cm	T4
T3-T4	V1 + D2	Variedad 1 cada 25 cm	T3
	V2 + D2	Variedad 2 cada 25 cm	T4
T5-T6	V1 + D3	Variedad 1 cada 50 cm	T5
	V2 + D3	Variedad 2 cada 50 cm	T6
T5-T6	V1 + D3	Variedad 1 cada 50 cm	T5
	V2 + D3	Variedad 2 cada 50 cm	T6
T7	V1 + D1	Variedad 1 cada 50 cm sin acolchado	T7 (Testigo)
T8	V2 + D1	Variedad 2 cada 50 cm sin acolchado	T8 (Testigo)

3.3.3 Diseño Experimental

A continuación, se muestra el diseño experimental que fueron estudiadas.

Figura 2

Diseño experimental de los tratamientos estudiados



3.3.4 Características del Experimento

Se presenta las diferentes características (Tabla 6) en el proyecto de investigación.

Tabla 6

Características del proyecto

Características	**Unidades**
Tratamientos	8
Bloques	3
Unidades experimentales	42
Área total del ensayo	550.8m^2 (34m x 16.2m)

3.3.5 Característica de la unidad experimental

En la siguiente Tabla 7 se describe la conformación de la unidad experimental.

Tabla 7

Características de la unidad experimental

Características	Unidades
Largo de la unidad experimental	10 m
Ancho de la unidad experimental	0.8 m
Número de hileras	1
Distancia entre acolchado plástico	0.6 m
Plantas por punto de siembra	2
Área total de la unidad experimental	8 m^2
Separación de acolchado plástico o entre surco sin acolchado plástico	0.8 m

3.3.6 Análisis estadístico

Para el procesamiento de la información que se obtuvo en el periodo de la investigación, se utilizó INFOSTAT versión 2022, empleando modelos lineales generales y mixtos para evaluar factores y bloques. Para determinar diferencias significativas, se aplicó la prueba LSD-Fisher (con un nivel de significancia de α=0.05), cumpliendo los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

3.4 Variables evaluadas

En el presente estudio se evaluó el comportamiento de dos variedades de fréjol que fueron implementadas en condiciones de acolchado plástico con diferentes densidades. A continuación, se describen las variables que fueron evaluadas:

3.4.1 Humedad del suelo

La humedad del suelo fue medida utilizando un higrómetro, se midió desde el momento de la siembra hasta alcanzar el 100% de la germinación en cada unidad experimental. Posteriormente, se realizó un registro semanal de la humedad del suelo en cada unidad experimental hasta el día de la cosecha, los valores obtenidos fueron expresados en términos porcentuales.

3.4.2 Temperatura

La temperatura (Figura 3) fue monitoreada desde el momento de la siembra hasta alcanzar el 100% de la emergencia en cada unidad experimental. Posteriormente, se realizó una medición semanal de la temperatura en cada unidad experimental, siguiendo este procedimiento hasta el momento de la cosecha.

Figura 3

Medición de la temperatura y humedad de suelo



3.4.3 Días a la emergencia

Esta variable será el número de días desde que se realizó la siembra en el suelo hasta el día que se presentó la primera emergencia de cada unidad experimental como se observa en la figura 4.

Figura 4

Emergencia de fréjol arbustivo



3.4.4 Porcentaje de germinación

A partir de la siembra se registró todos los días, el tiempo que tarda en germinar cada tratamiento, se midió hasta que complete el 100 % de germinación.

3.4.5 Porcentaje a la floración

Se evaluó cuando las plantas del ensayo abrieron su primer botón y se registró los días transcurridos a partir de la siembra.

3.4.6 Formación de las vainas

Se tomaron datos cuando inicio su primera vaina de cada tratamiento y a partir de ese momento se tomó datos todos los días, además se contabilizó los días que tardó en formar las vainas después de la siembra (Figura 5).

Figura 5

Formación de vaina de fréjol arbustivo de la unidad experimental



3.4.7 Días a la cosecha en tierno

Se cuantificó el número de días transcurridos desde la siembra hasta que las vainas alcanzaron la madurez de campo para cosecha en tierno. Esto se consideró cuando las vainas presentaron longitud y ancho característicos, manteniéndose aún tiernas al tacto, lo que evidenció que los granos en su interior se encontraban completamente formadas y aptas para la cosecha en estado tierno.

3.4.8 Longitud de vaina

Se realizó la medición con un calibrador (pie de rey) de 10 vainas al azar de cada unidad experimental y fueron expresados en cm.

3.4.9 Ancho de vaina

Se tomó datos de las mismas 10 vainas al azar de cada unidad experimental que fueron medidos con un calibrador (Figura 5), luego se promediaron y se expresó en cm. La evaluación se realizó al momento de la cosecha en verde.

Figura 6

Ancho de la vaina medida en cm



3.4.10 Número de vainas

El número de vainas se contabilizaron en cada unidad experimental al momento de la cosecha. En cada unidad experimental no se tomó en cuenta los bordes que sería de 1m para que la información no sea alterada por el efecto borde. (Ver Figura 6)

Figura 7

Vainas de fréjol arbustivo



3.4.11 Peso de las vainas

El peso de las vainas (Figura 7) se realizó con las mismas vainas de la parcela neta de cada tratamiento y el resultado se expresó en t ha^{-1}.

Figura 8

Peso de vainas de unos de las unidades experimentales de fréjol



3.4.12 Incidencia y severidad de plagas y enfermedades de las plantas

Para medir la incidencia se realizaron inspecciones visuales sistemáticas de 10 plantas al azar de cada unidad experimental, utilizando una escala de daño y categorizar (Carrillo, 2014). Para la severidad se dividió a la planta en tres niveles y cada nivel se escogió entre 2 o 3 hojas, tomando en cuenta que cada nivel debe tener el mismo número de hojas evaluadas, sugeridas por el director.

Los datos se registraron en listas de verificación y finalmente, se calcularon índices expresando el porcentaje de las plantas afectadas y la gravedad del daño observado. Carrillo (2014) señala los siguientes niveles de daño:

- **Nivel 0 (Sin Daño)**: No se observa daño aparente en la planta.
- **Nivel 1 (Daño Muy Leve)**: 1-10% de la planta muestra signos de daño. Puede incluir pequeños puntos o lesiones mínimas en las hojas o tallos.
- **Nivel 2 (Daño Leve)**: 11-25% de la planta afectada. Se observa un mayor número de hojas con manchas, decoloración o pequeñas áreas necrosadas.
- **Nivel 3 (Daño Moderado)**: 26-50% de la planta muestra síntomas de daño. Se incluyen hojas amarillentas, deformaciones, y una reducción moderada en el vigor de la planta.

- **Nivel 4 (Daño Considerable)**: 51-75% de la planta afectada. Se observa una severa decoloración, necrosis extensa, y daños significativos en hojas, tallos y, posiblemente, en las vainas del fréjol.
- **Nivel 5 (Daño Severo)**: 76-90% de la planta muestra daño. El crecimiento de la planta está gravemente afectado, con muchas hojas y tallos muertos.
- **Nivel 6 (Daño Muy Severo)**: 91-100% de la planta afectada. La planta está moribunda o muerta por la alta incidencia de plagas o enfermedades.

3.4.13 Incidencia de plagas y enfermedades de la vaina

Para la evaluación de la incidencia en la vaina se seleccionó 10 vainas al momento de la cosecha en verde de cada unidad experimental, posteriormente se utilizó la escala de daño (Tabla 8) en la cual existió categorías de resistencia, intermedio y susceptible (CIAT ,1987). La plaga identificada en la vaina fue el gusano de la vaina (*Apion godmani*).

Tabla 8

Escala general para evaluar germoplasma de fréjol frente a patógenos bacterianos y fungosos

Categoría	Niveles	%	Clasificación	Descripción
Resistente	1	0	Altamente resistente	Síntomas no visibles o muy leves
	2	1	Moderadamente resistente	
	3	2	Resistente	
Intermedio	4	3	Intermedio	Sintomas visibles y notables
	5	5		
	6	7		
Susceptible	7	10	Susceptible	Síntomas severos o muy severos
	8	20	Moderadamente susceptible	
	9	>25	Altamente susceptible	

Fuente: CIAT (1987).

Para los niveles de daño que se observaron (Figura 8) en las vainas fueron las siguientes:

Figura 9

Niveles de daño de fréjol arbustivo



3.4.14 Beneficio Costo

Para el análisis de beneficio-costo se procedió de la siguiente manera:

En cada tratamiento (T1 a T8) se estimó el costo total de producción (USD ha^{-1}) considerando todos los insumos y labores agrícolas. El rendimiento (t ha^{-1}) se obtuvo a partir de la cosecha útil por unidad de superficie y, con base en este rendimiento y el precio de venta del producto, se calcularon los ingresos brutos (USD ha^{-1}).

La utilidad neta (USD ha^{-1}) se determinó como la diferencia entre los ingresos brutos y el costo total de producción. Finalmente, la relación beneficio–costo (B/C) se obtuvo dividiendo los ingresos brutos para el costo total de producción en cada tratamiento:

3.5 Manejo del experimento

A continuación, se describe la implementación del ensayo:

3.5.1 Preparación de terreno

Se limpio las malezas y restos que quedaron del cultivo anterior, continuado con la investigación en el mismo acolchado plástico (Figura 9) que estaba sembrada del primer ciclo (maíz), segundo

ciclo (arveja), tercer ciclo (maíz) y el cuarto (ultimo) ciclo de la presente investigación se preparó el suelo para la siembra de fréjol.

Figura 10

Terreno preparado para el cultivo de fréjol



3.5.2 Delimitación del área de experimento

Cogiendo como partida en la misma cama se realizó esta vez un diseño de parcelas divididas con bloques distribuidas al azar. Se tomó las medidas para la delimitación de cada tratamiento y se colocó las estacas.

3.5.3 Siembra

La siembra de la V1(Centenario) y V2(Paragachi) se efectuó en forma manual (Figura 10) depositando tres semillas por sitio, con un distanciamiento de 25cm, 30cm, y 50 cm entre plantas y la separación entre acolchado plástico fue 60 cm, separación entre bloques fue de 1m. En cuanto a los testigos, existió 1 testigo por variedad y se implementó la distancia de siembra local de 50cm en los 2 testigos y 0.8m entre surcos.

Figura 11

Siembra del fréjol



3.5.4 Raleo

El raleo se realizó de manera convencional (Figura 11) cuando la planta tenía 43 días después de la siembra, para dejar dos plantas por sitio.

Figura 12

Raleo de las unidades experimentales



3.5.5 Riego

Se aplicó riego por gravedad y aspersión, según el requerimiento del cultivo en las fases de germinación, fase vegetativa y durante la fase reproductiva.

3.5.6 Control de maleza

El control de malezas se realizó a los 24 días después de la siembra de forma manual en los tratamientos con acolchado plástico. En los testigos se realizó el deshierbe a los 30 días después de la siembra y luego se realizó 1 aporque. Cabe mencionar que no se realizó control con herbicida.

3.5.7 Fertilización

De acuerdo con los requerimientos que demanda el cultivo y a las recomendaciones técnicas del Departamento de Suelos y Manejo de Agua de la Estación Experimental Litoral Sur (EELS) del INIAP, se implementó una fertilización foliar a base de aminoácidos y potasio. Además, se fertilizó con microelementos que contenían quelatos como se indica en la Tabla 9.

Tabla 9

Fertilización foliar del fréjol arbustivo

Fertilizante	Ingrediente Activo	Dosis
aminoácidos y potasio	Aminiacidos+ Potasio(K_2O)	1.5gr l^{-1}
Microelementos	Fe, Zn, Mn, Cu quelatados	1.25ml l^{-1}

3.5.8 Controles fitosanitarios

Para el control de plagas como la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), gusano trozador (*Agrotis spp.*) se aplicaron los siguientes insecticidas: Acefato en el día 44 después de la siembra y el clorpyrifos a los 13 días después de la siembra. En cambio, para el control de las enfermedades propi conazole a los 44 días después de la siembra. Este fungicida se aplicó para contrarrestar la roya (*Uromyces appendiculatus*), utilizando una bomba de 20 litros para cada aplicación. (Ver tabla 10)

Tabla 10

Controles fitosanitarios para el cultivo de fréjol arbustivo

Control	Ingrediente Activo	Dosis
Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)	Acefato	0.8g l^{-1}
Gusano trozador (*Agrotis spp*.)	Clorpyrifos	1.5ml l^{-1}
Roya (*Uromyces appendiculatus*)	Propi-conazole	2ml l^{-1}

Figura 13

Mosca blanca (Bemisia tabaci G.) del cultivo de fréjol arbustivo



3.5.9 Cosecha en verde

La cosecha se realizó a los 100 (1era cosecha) y 118 (2da cosecha) días después de la siembra de cada unidad experimental, tomando en cuenta que para la cosecha de la V1es de color verde y la V2 es cuando se pintó de amarillo las vainas que posteriormente se pesó y se contabilizó el número de vainas.

Figura 14

Cosecha de las unidades experimentales del fréjol arbustivo



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este proyecto de investigación se presenta los resultados de las variables que fueron evaluadas dentro del sistema de acolchado plástico de dos variedades de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) con tres distancias de siembra en la Granja Experimental La Pradera.

4.1 Humedad del suelo del ciclo del cultivo de fréjol arbustivo (%)

El análisis de varianza (ANOVA) de la humedad del suelo (Tabla 11) se observa que existe una interacción entre los factores días y tratamientos (F=1.89; gl=175, 882; p= <0.0001) indicando que el efecto del acolchado plástico sobre la humedad del suelo varía a lo largo del tiempo.

Tabla 11

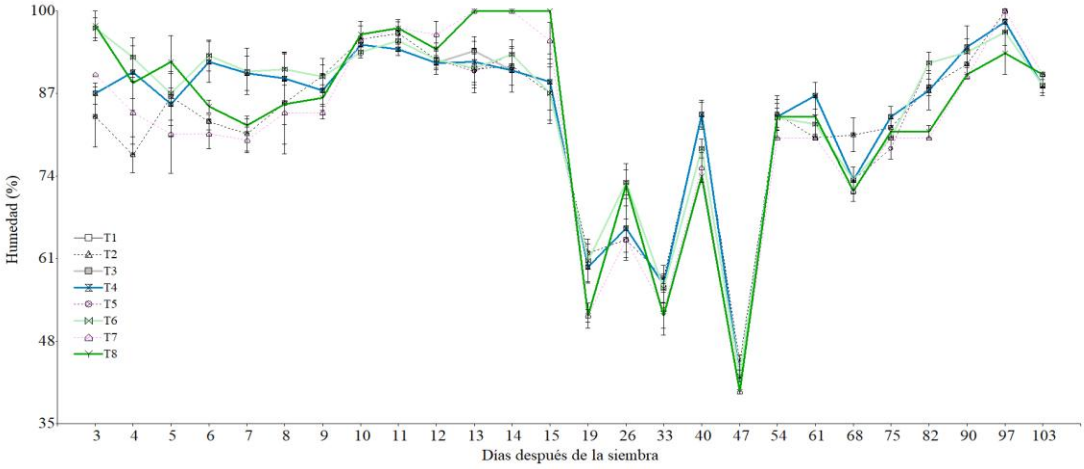
Análisis de varianza de la variable humedad del suelo

Fuente de varianza	GL	GL FV	F-value	p-value
dds	25	882	239.48	<0.0001
Tratamiento	7	882	3.54	0.0009
Días: tratamientos	175	882	1.89	<0.0001

La Figura 15 muestra las curvas de humedad del suelo para cada tratamiento del T1 a T8 a lo largo del periodo de estudio. Los tratamientos con acolchado plástico desde el T1 hasta el T6 mostraron niveles de humedad del suelo significativamente con promedio del 75%, más altos que los tratamientos T1 yT8 durante la mayor parte del ciclo del crecimiento, Especialmente durante los 3 hasta los 15 dds con una humedad promedio de 80% y nuevamente a los 47 dds entre 40% y 60%, Respectivamente. Se observa una disminución marcada en la humedad del suelo en los tratamientos T7 y T8 alrededor de los 19 dds con una humedad promedio de 50% seguida de una recuperación parcial, pero que no alcanza los niveles sostenidos observados en los tratamientos con acolchado.

Figura 15

Humedad del suelo con acolchado plástico y sin acolchado plástico



En los primeros días las diferencias entre tratamientos son mínimas debido al bajo requerimiento hídrico durante la emergencia y establecimiento, donde la evaporación predomina sobre la transpiración. A partir de los 9 dds, coincidiendo con el crecimiento vegetativo acelerado (V3), las distancias altas (25-30 cm) destacan por retener hasta un 25% más de humedad que las siembras espaciadas (50 cm), gracias a la cobertura foliar densa que limita la insolación directa y referencia del efecto estratégico del plástico.

Durante la floración y formación de vainas (46-55 dds), el acolchado plástico a distancias cortas (25-30 cm) previas caídas abruptas en la humedad volumétrica, manteniendo niveles superiores al 24% frente al 18% en 50 cm o el 15% del testigo. Este se derriba de la reducción en el gradiente evaporativo bajo el plástico, que contrarresta la mayor competencia radicular en plantas cercanas.

Estos resultados concuerdan con los estudios recientes en Cotopaxi de Cando (2025), Donde confirman que el acolchado plástico eleva la humedad en un 18- 28% en fréjol arbustivo, favoreciendo al rendimiento. Así mismo Ramos (2024) reportó 78% de humedad con acolchado y 52% sin acolchado (testigo) durante 20 dds; Garzón (1986) hallo 82% a 15 dds con acolchado y 48% en testigo en condiciones Andinas similares de la provincia de Imbabura. Iqbal et al. (2020) Reportaron 76% de humedad con acolchado y 49% sin acolchado a 20 dds. Estos reportes concuerdan con la investigación de Karabidas et al. (2022), Donde obtuvieron 79% de humedad del suelo a 15 dds con acolchado plástico y 51% sin acolchado. Los resultados obtenidos son similares a las investigaciones previas.

Guerrero et al. (2022) obtuvieron 77% en 25-30 cm con acolchado plástico. Mientras que sin acolchado plástico (testigo) obtuvieron un valor promedio de humedad del suelo de 70% en 50 cm de distancia de siembra. Con lo que se concuerda que la cualquier clase periodista siempre incluyen a la humedad del suelo.

4.2 Temperatura del suelo durante el ciclo del cultivo de fréjol arbustivo

El análisis de varianza (ANOVA) para la temperatura del suelo indicó un efecto altamente significativo de todas las fuentes de variación analizadas (Tabla 12). La interacción entre los factores días y tratamiento fue estadísticamente significativa (F= 3.00; gl=175, 882; p= <0.0001).

Tabla 12

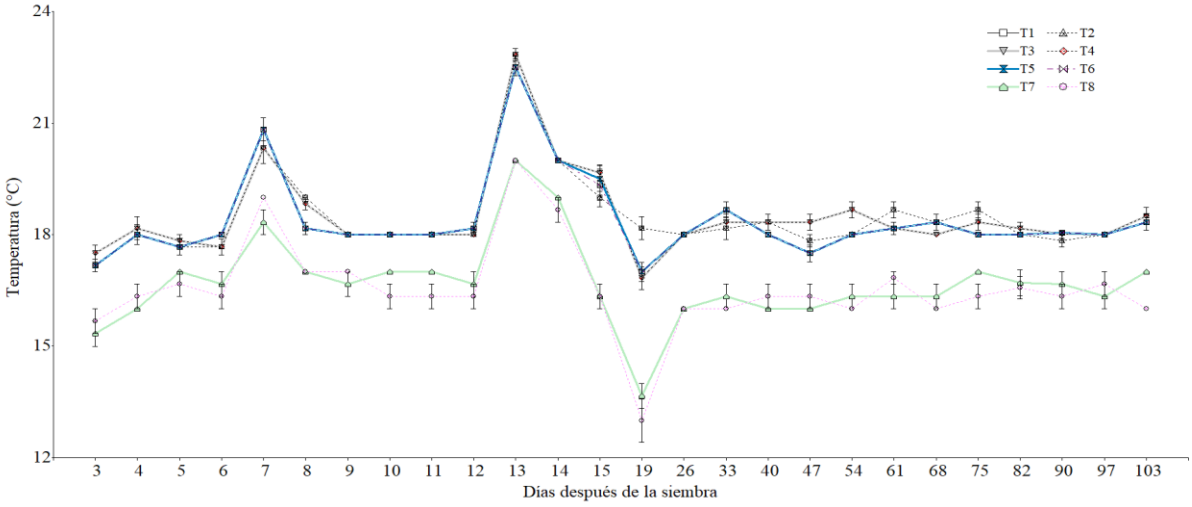
Análisis de varianza de la variable temperatura del suelo

Fuente de varianza	GL	GL FV	F-value	p-value
dds	25	882	268.60	<0.0001
Tratamiento	7	882	333.72	<0.0001
Días: tratamientos	175	882	3.00	<0.0001

En la Figura 16 los tratamientos T1 a T6 presentaron temperaturas del suelo más altas en comparación con los tratamientos T1 y T8 a lo largo del periodo del proyecto de investigación. Particularmente, T5 y T4 mostraron las temperaturas promedio de 20.34; 20.33 °C, logrando su punto máximo a los 7 dds, mientras que los tratamientos T7 y T8 demostraron temperaturas del suelo más bajas, con un promedio de 13.67; 13 °C a los 19 dds.

Figura 16

Temperatura del suelo de los tratamientos estudiados durante el ciclo del fréjol arbustivo



En el sistema con el colchado plástico la temperatura media del suelo se incrementó significativamente respecto al testigo sin acolchado observando valores de 18 y 20 °C en pleno ciclo de floración y fructificación. Mientras que bajo ausencia de acolchado se mantuvo en 15 y 17 °C, 2 °C menor que los tratamientos bajo acolchado plástico.

La distancia de 25 cm generó una temperatura ligeramente mayor (hasta 2 y 3 °C más) que las distancias de 30 y 50 cm, probablemente por mayor cobertura aparente de planta y menor ventilación lateral del surco. Este hallazgo es coherente con estudios recientes en la región andina; en el cual se realizó una evaluación de maíz en la Sierra Norte de Ecuador reportando que el acolchado incrementó la temperatura del suelo entre 1.5 °C y 3°C respecto al testigo durante el ciclo del cultivo (Lozada, 2024).

La temperatura del suelo aumentó cuando estaba en condiciones de acolchado porque disminuyó la reflexión e incrementó la absorción de la radiación solar que llega al suelo. Además, redujo la pérdida de calor hasta la atmósfera por convección y la evaporación del agua del suelo, lo que generó un ambiente más estable y cálido en la zona radicular (Devi et al., 2025).

Las diferencias observadas en la temperatura del suelo corresponden con los defectos esperados del acolchado plástico, que se conoce por aumentar el calentamiento del suelo. Los resultados coinciden con la investigación de Workneh et al. (2012), que demostraron que el colchado plástico Aumenta significativamente la temperatura del suelo de 1 °C y 2.5 °C y reduce los cambios diarios de temperatura. Adicionalmente, la investigación realizada por Zhang et al. (2023) Subraya la relevancia de tener en cuenta la humedad del suelo y la temperatura, dado que el acolchado plástico puede influir en la disponibilidad de agua.

La variabilidad de las temperaturas entre los distintos tratamientos T1 al T6 podrían deberse a pequeñas diferencias en la distancia de siembra o a las condiciones microclimáticas dentro del campo. La diferencia entre los tratamientos con acolchado y los tratamientos de testigo destaca la de efectividad del acolchado plástico para modificar la temperatura del suelo.

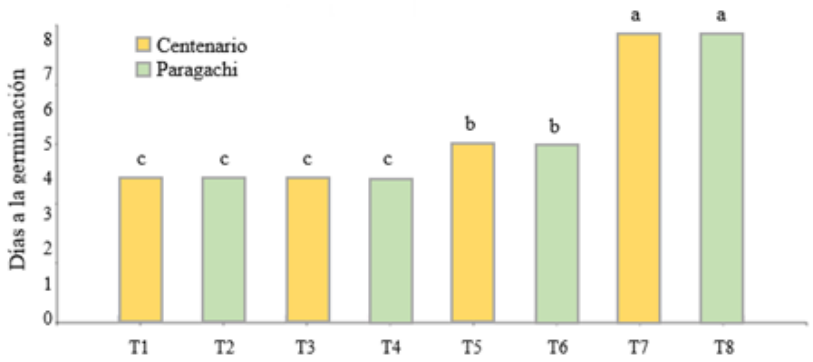
4.3 Días a la emergencia

El análisis de varianza (ANOVA) para los días a la emergencia, indicó diferencias significativas entre los tratamientos ($F=18.49$; $GL=7, 32$; $p=<0.0001$).

A través de la prueba de Fisher al 5%, se observó que los tratamientos con acolchado (Figura 17) la emergencia fue rápida de T1 a T4 a los 4 días después de la siembra (dds), seguidos de T5 y T6 a los 5 dds, lo que indica buena adaptación al sistema de acolchado. La variación se concentró tratamientos sin acolchado (testigos) T7 y T8, donde la emergencia con acolchado se adelantó de 3 a 4 días.

Figura 17

Días a la emergencia del cultivo de fréjol arbustivo



El acolchado plástico se asocia a mayores temperaturas y mejor conservación de humedad del suelo, lo que suele acortar el tiempo a la emergencia de leguminosas (Amare et al. (2012). Barge et al. (2022) Reportan 6 y 8 días a la emergencia con acolchado, frente a 8 y 11 días sin acolchado. La emergencia de cuatro a 8 días en este estudio es consistente con el efecto del acolchado sobre la emergencia y confirma un comportamiento agronómico favorable especialmente en distancias de siembra de 25 y 30 cm entre plantas, donde la respuesta fue uniforme.

Los estudios recientes en fréjol común muestra que la densidad de siembra afecta fuertemente el rendimiento, pero poco o nada las fases iniciales como la emergencia, cuando la humedad y temperatura están controladas (Karavidad et al., 2022; Zamukulu et al., 2023; Merzai et al., 2024). ensayos con variación de espaciamientos (10- 25 cm entre planta y distintos entre surcos) señala en efecto significativos sobre biomasa y rendimiento, pero no reportan cambios importantes en días de la emergencia (Alemayehu et al., 2025). En contraste, los resultados en otras leguminosas como lo reporta Vinocunga, (2024) donde observó que el tratamiento con acolchado a 50 cm de distancia de siembra demostró la emergencia más rápida, con promedio de 7 días mientras que los testigos sin acolchado presentaron la emergencia más lenta con un promedio de 8 días.

En este contexto, la ausencia de diferencias entre 25 y 30 cm de distancia y solo pequeños retrasos de un día concuerda con la literatura, la distancia de siembra abajo a colchado plástico tiene efecto mínimo sobre días a la germinación, y su impacto principal se manifestará en rendimiento y componentes de rendimiento. Mientras que sin acolchado existe diferencias de 3 a 4 días con respecto a las distancias de siembra. Por lo tanto, los resultados de la presente investigación son diferentes con acolchado plástico y sin acolchado.

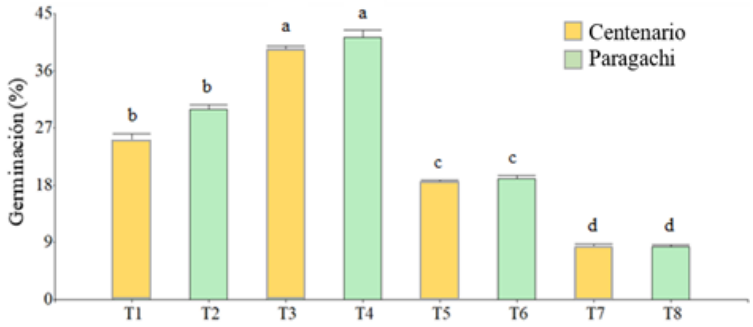
4.4 Porcentaje de germinación del fréjol arbustivo (%)

El análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de germinación indicó diferencias significativas entre los tratamientos (F=528.62; GL=7, 32; p=<0.0001). Este resultado indica que el efecto de acolchado plástico sobre el porcentaje de germinación no fue uniforme, sino que dependió de la distancia de siembra evaluada.

A través de la prueba de Fisher al 5%, se identificó que los tratamientos T1 (Centenario) y T2 (Paragachi) con distancias de 25cm mostraron una mayor eficacia en el porcentaje de germinación, con un promedio de 38.36% y 41.45%, respectivamente. Mientras que los tratamientos T2 (Paragachi) y T1 (Centenario) con distancias de 30 cm evidenciaron una eficacia media en la velocidad de germinación, con valores de 24.92% y 29.90 %, respectivamente. Adicionalmente, los tratamientos T6 (Paragachi) y T5 (Centenario) con distancia de 50 cm obtuvieron un promedio de 18.75%. Mientras que los tratamientos T8 (Paragachi) y T7 (Centenario) con distancias de siembra de 50 cm (sin acolchado plástico), con promedio de 8.27%, como se detalla en la figura 18.

Figura 18

Porcentaje de germinación de los tratamientos en estudio



El acolchado plástico aumenta la velocidad de germinación significativamente en comparación con los tratamientos (testigos) que no tienen la cobertura plástica. Los resultados que obtuvieron Mungia-López et al. (2011), indicaron que las características oscuras del plástico de polietileno utilizada en el acolchado afectan significativamente el balance de radiación de onda corta y la incrementa la radiación neta sobre el cultivo, presentando mayor flujo de calor. Con lo que se corrobora con Deng et al. (2019) al mencionar que la cobertura plástica ayuda a mejorar la velocidad de germinación en las plantas por el color del acolchado.

Los estudios realizados por Vinocunga (2024) en distancias de 30 cm muestran mayor consistencia, donde obtuvo 41.33% en germinación. Por otro lado, Lastra (2026) obtuvo resultados menores a 37.78%. Por lo que, estos resultados son diferentes a este presente estudio obteniendo de hasta 41.51% de germinación.

Las mejores significativas en las velocidades de germinación en los tratamientos T1 a T6 indican que el sistema de acolchado plástico tiene un impacto positivo en la germinación de las semillas, posiblemente al mantener la humedad del suelo, incrementar la temperatura del suelo y proporcionar control de malezas. Esto concuerda con investigaciones previas que demuestran los beneficios del acolchado plástico en varios cultivos (Aybar- Peye, 2025).

4.5 Porcentaje de floración (%)

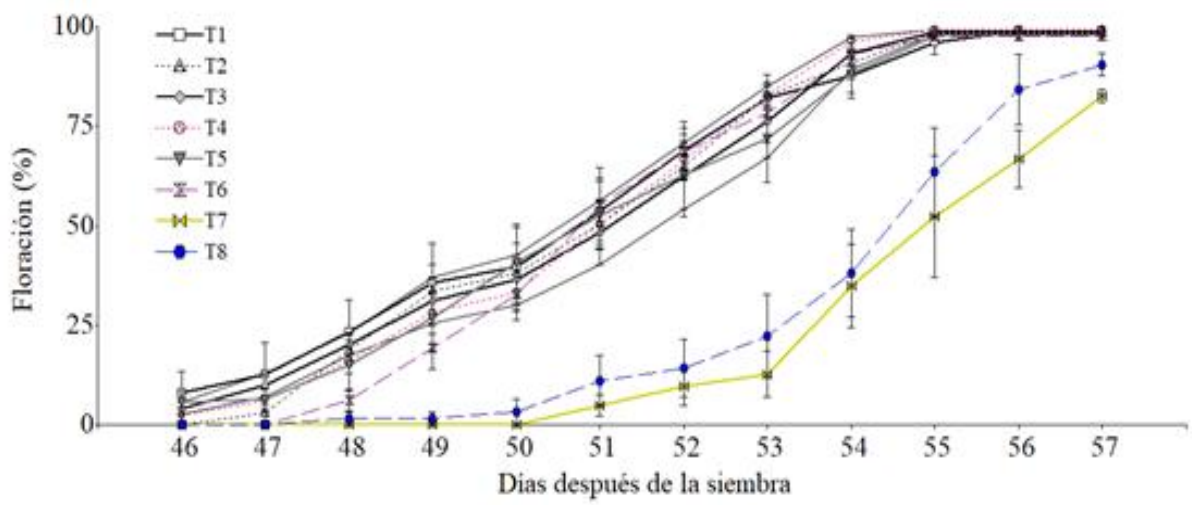
La prueba de Friedman mostró diferencias significativas de la interacción de días después de la siembra (dds) y tratamientos en estudio sobre la variable porcentaje de floración (T^2= 43.16 y p=<0.0001).

La Figura 19 muestra la evolución del porcentaje de floración a lo largo del tiempo para cada tratamiento. Los tratamientos T1 a T8 experimentaron un aumento en el porcentaje de floración a medida que transcurrieron los dds. Sin embargo, la velocidad y el momento de la floración variaron significativamente entre los tratamientos.

Los tratamientos T1 a T6 (con acolchado plástico) presentaron un promedio de 96% y 99%, respectivamente de floración, entre los días 54 y 55 después de la siembra. Adelantándose su tiempo de floración entre 2 y 3 días respecto a los testigos (T7 y T8), con un promedio de 83% y 90%.

Figura 19

Porcentaje de floración del cultivo de fréjol



Sangoquiza (2024) Señala que la implementación del acolchado promueve las fases fenológicas de los cultivos debido al aumento de temperatura de 2 a 3 °C. Adicionalmente, enfatiza que los resultados obtenidos de su investigación revelan un notable crecimiento de flores de hasta el 93% en plantas de fréjol arbustivo bajo sistema de acolchado. La implementación de acolchado plástico en el cultivo de fréjol ha demostrado acelerar significativamente la tecnología reproductiva, adelantando la floración entre 2 y 3 días en comparación con los testigos sin cobertura, lo cual concuerda con el aumento térmico de 2 a 3 °C.

Lamont (2005) Reportó en leguminosas un avance de 7 a 10 días de floración bajo sistema de acolchado plástico con valores de 90 y 95% de floración entre los 50 y 52 dds en comparación a los testigos que fueron a los 58 y 60 dds. INIAP (2018) Menciona que el fréjol andino obtuvo 92% en floración a los 53 dds con acolchado plástico y 85% a 60 dds sin acolchado. Por lo tanto, los resultados obtenidos son diferentes a la presente investigación.

Stone et al., (2018) Indican que el fréjol arbustivo común tiene un valor del 95% en floración a 52 dds en distancias de siembra de 25 cm y 18% a 60 dds en distancias de 50 cm. Mientras que Bravo et al. (2020) Aliaron un valor de 92% de floración 55 dds a 30 cm entre planta en comparación a los testigos con 78% a 62 dds a 50 cm de distancia de siembra. Esta investigación previa coincide con los resultados obtenidos en este proyecto.

Agronómicamente, esta ventana de floración ampliada y sincronizada bajo acolchado no sólo incrementa el potencial de cuajado, sino que también mitiga el riesgo de estrés ambiental puntual durante la reproducción, asegurando una mayor estabilidad del rendimiento. La distancia de siembra juega un rol crítico en este escenario: un espaciamiento adecuado bajo acolchado permite maximizar la intercepción de luz y la aireación, evitando la competencia intraespecífica que podría limitar el desarrollo de nudos florales, Mientras que el testigo sin acolchado, al carecer de la regulación térmica presenta una fenología más tardía y heterogénea, reduciendo su resiliencia frente a fluctuaciones climáticas adversas.

4.6 Días a la formación de vainas (%)

En el análisis de varianza (Tabla 13) en la variable formación de vainas, muestra una interacción entre los factores días y tratamientos (F= 2.9; gl= 56, 304; p= <0.0001). Este resultado indica que el efecto del acolchado plástico sobre los días a la formación de vaina no fue uniforme, sino que dependió del tratamiento específico evaluado.

Tabla 13

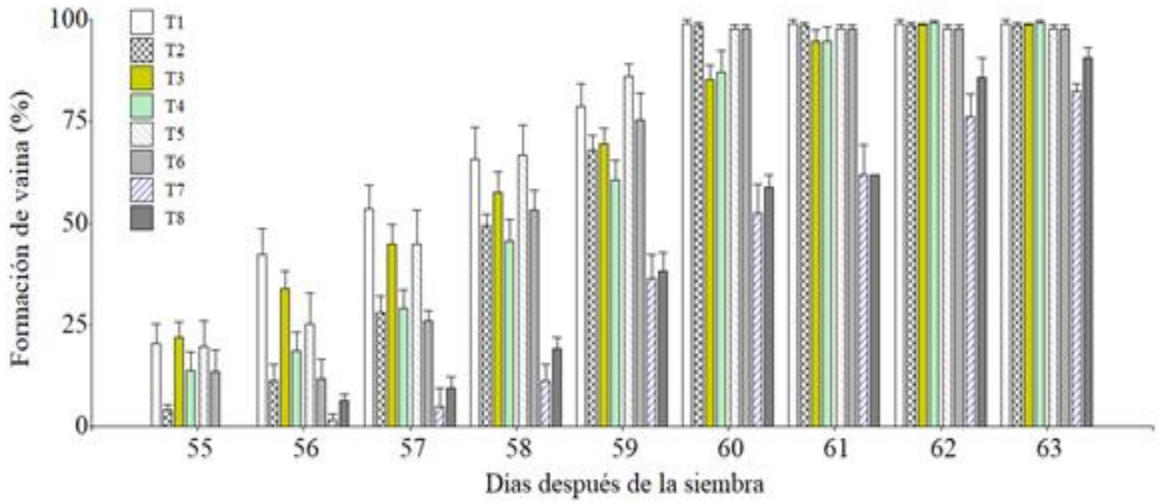
Análisis de varianza para la variable días a la formación de vainas

Fuente de varianza	GL	GL FV	F-value	p-value
Días	8	304	527.35	<0.0001
Tratamiento	7	304	65.97	<0.0001
Días: tratamientos	56	304	2.9	<0.0001

En la Figura 20 se observa que los tratamientos con acolchado plástico T1 a T6 tienden a mostrar una formación de vainas más temprana en comparación con los tratamientos T7 y T8. Sin embargo, la velocidad de formación de vainas varía entre los tratamientos con acolchado. Los tratamientos T1, T3 y T5 presentaron un 20% formación de vaina a los 55 dds, alcanzando un 50% a los 58 dds; por su parte los tratamientos T2, T4 y T6 presentaron alrededor del 11% de formación de vainas a los 55 dds y alcanzaron el 50% a los 59 dds, finalmente los tratamientos T1, T2, T5 y T6 alcanzaron el 100% a los 60 dds. Sin embargo, a los 63 días todos los tratamientos a excepción de los testigos alcanzaron el 100% de floración.

Figura 20

Días a la formación de vainas del cultivo de fréjol bajo sistema de acolchado plástico



El acolchado plástico adoptó como el factor determinante para la precocidad y uniformidad del cultivo, adelantando la formación de vainas frente a los testigos sin cobertura, independientemente de la distancia de siembra evaluada. A diferencia de estudios previos donde la alta densidad retrasó el desarrollo, en esta investigación el microclima térmico generado por el plástico compensó la competencia por recursos, permitiendo que los tratamientos con acolchado alcanzaran el 100% información de vainas.

Tamu et al. (2021) Afirma que el crecimiento y formación de vainas se ve reflejada en menor tiempo con el acolchado plástico, así lo menciona. Smith y Jones (2028) Quienes demostraron que la temperatura del suelo, influenciada por el acolchado, puede acelerar el desarrollo de la planta. Cabe recalcar que cada tratamiento tiene distancias de inversiones que no afectaron los tiempos de floración.

Los datos obtenidos en la investigación fueron diferentes a los resultados reportados por Cando Changoluisa y Jiménez Jácome (2025), Quienes realizaron un estudio de fréjol con el objetivo de evaluar el porcentaje de vainas, donde indican un 85% en formación de vainas a los 56 dds con acolchado plástico y 72% a 63 dds sin acolchado. Mientras que Iqbal et al. (2020) reportan el 88% en formar vainas a 54 dds en altas densidades (25 cm) A comparación de densidades bajas (50 cm) del 75% de formar las vainas a 61dds, lo que sugiere que el efecto térmico del acolchado fue el

factor dominante, superando posibles limitaciones por competencia intraespecífica en las densidades evaluadas.

Esta sincronización fenológica es importante para el rendimiento, ya que garantiza que la mayor parte de las plantas entre en la fase de formación de vainas simultáneamente, maximizando la eficiencia fotosintética y reduciendo el riesgo de estrés ambiental tardío. Mientras que los testigos mostraron una maduración escalonada y tardía, los tratamientos con acolchado ofrecieron una ventana productiva más amplia y estable, demostrando que la gestión térmica del suelo puede ser más influyente que la densidad de siembra en la aceleración del ciclo reproductivo del fréjol arbustivo.

4.7 Incidencia de plagas del cultivo de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.)

Las plagas identificadas durante el estudio fueron de infestación baja y no tuvieron un impacto significativo en el cultivo del fréjol. Las especies de plagas detectadas en el monitoreo fueron las siguientes: trozador *(Agrotis spp.)* y mosca blanca *(Bemisia tabaci G.)*. Los resultados se expresan en la siguiente Tabla 14.

Tabla 14

Incidencia de daño causado por el gusano trozador y mosca blanca del cultivo de fréjol

Tratamientos	Trozador (%)	Mosca blanca (%)
T1	6.67 ± 3.33 bc	6.67 ± 3.33 b
T2	6.67 ± 3.33 bc	8.33 ± 4.41 b
T3	8.33 ± 4.11 b	28.33 ± 4.41 a
T4	8.33 ± 4.11 b	26.67 ± 8.82 a
T5	1.67 ± 1.67 c	3.33 ± 1.67 b
T6	1.67 ± 1.67 c	0.00 ± 0.00 c
T7	20.00 ± 0.00 a	6.77 ± 3.33 b
T8	13.33 ± 3.33 b	10.00 ± 5.77 b

Nota. Para cada fila, las medias ± desviación estándar seguidas de las letras diferentes son significativamente diferentes (p= <0.05).

4.7.1 Incidencia del gusano Trozador (Agrotis spp.)

En el análisis de varianza para la incidencia del Trozador (*Agrotis* spp.) se evidenció que existe una diferencia significativa entre los tratamientos (F=3.76; gl=7, 14; p= 0.0168).

En la Tabla 14 indicó que los tratamientos T1, T2, T5 T7 y T8 no mostraron diferencias significativas entre sí, mostrando una incidencia promedio entre 6.67% y 13.33%. Mientras que, los tratamientos T5 y T6 registraron los promedios más bajos con valores de 1.67%. Por otro lado, la mayor incidencia en los tratamientos testigo (T7 y T8), con valores del 20% y 13,33% respectivamente, lo que los clasifica estadísticamente como los más afectados.

La ausencia del acolchado plástico deja el suelo expuesto, Facilitando que las larvas del lepidóptero se desplacen libremente hacia el cuello de las plántulas para su alimentación. A diferencia de cuando están en condiciones de acolchado plástico el microclima el altera la temperatura del suelo que aumenta alrededor de 2 a 4 °C y la humedad del suelo hasta 30% más que el cultivo convencional, esto puede ser menos favorable para la supervivencia de reproducción del Trozador (Castillo et al., 2016).

Investigaciones en otros cultivos de leguminosas, como la soya, han demostrado que el sistema de acolchado puede reducir la presencia de plagas Tooker et al., 2017). En el caso de trozador (*Agrotis* spp.), el plástico funciona como un impedimento mecánico, al no existir malezas alrededor de la planta, se eliminan los hospederos o refugios donde las plagas suelen esconderse, alimentarse o reproducir antes de colonizar el cultivo principal.

Por otro lado, estudios realizados por Lastra (2026) en arveja, no tubo diferencias significativas con acolchado y el testigo. Aunque observo tendencias numéricas, como una menor incidencia promedio en el tratamiento con acolchado de 0.74% y testigo 0.91%. La incidencia reducida del trozador en el cultivo de fréjol en los tratamientos con acolchado indica, una posible mejora del cultivo. De modo que reduce la dependencia de insecticidas químicos. Con lo que se concuerda con las investigaciones realizadas por Tooker et al. (2017).

Los tratamientos con acolchado (especialmente los de 50 cm) redujeron drásticamente esta plaga (1,67%). La literatura técnica reciente indica que el acolchado plástico actúa como una barra física que interfiere con el movimiento de las larvas hasta la base de la planta, confirmando que la cobertura es una medida de control cultural efectiva contra plagas de suelo en fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.).

4.7.2 Incidencia de la Mosca blanca (Bemisia tabaci G.)

En el análisis de varianza para la incidencia de la mosca blanca (*Bemisia tabaco G.*), se observó que existe una diferencia significativa entre los tratamientos (F=6.92; gl= 7, 14; p= 0.0011).

En la Tabla 14 los tratamientos T3 y T4 presentaron valores de incidencia más altas con un promedio de 28.33 % y 26.67% respectivamente. Mientras que, los tratamientos T1, T2, T5, T7 y T8 con un promedio de 3.33% y 10% respectivamente. Por otro lado, el T6 (Paragachi, 50cm) notablemente demostró la incidencia más baja, prácticamente nula.

Esta investigación se alinea con diversos estudios que destacan el impacto de la densidad de siembra y el acolchado en las poblaciones de mosca blanca en cultivos de fréjol. Gonzales et al. (2016) reportaron que *Bemisia tabaci* G. puede causar daños directos como insecto chupador y daños directos por inducir una maduración desuniforme de los frutos y desarrollo de hongos saprofitos sobre las excreciones del insecto depositadas en la superficie de la planta a distancias menores (25 cm) por mayor temperatura y el efecto sombra que produce el cultivo.

La mayor incidencia observada en los tratamientos T3 y T4, con una densidad de siembra de 25 cm, indican que esta densidad puede favorecer el desarrollo de la mosca blanca, posiblemente debido a un aumento en la disponibilidad de recursos y un microclima más favorable. La incidencia significativa menor en T6 (50 cm), con acolchado plástico, corrobora con investigaciones que muestran que esta práctica puede interrumpir el ciclo de vida de la mosca blanca y reducir su acceso a las plantas (Kasirajan y Ngouajio, 2022).

En el cultivo de fréjol arbustivo en combinación con sistema de acolchado plástico, una mayor distancia de siembra (50 cm) reduce la incidencia de mosca blanca. En contraste, distancias menores (25 cm) incrementa significativamente su población, independientemente de la variedad del fréjol arbustivo que se encuentra en el cultivo.

4.8 Severidad de plagas del cultivo de fréjol arbustivo

Las plagas en el cultivo de fréjol presentaron una severidad baja para trozador (*Agrotis* spp.) y mosca blanca *(Bemisia tabaci G.)* como se observa en la tabla 15.

Tabla 15

Severidad del cogollero y mosca blanca en cultivo de fréjol arbustivo

Tratamientos	Trozador (%)	Mosca blanca (%)
T1	0.74 ± 0.36 bc	0.74 ± 0.36 b
T3	0.74 ± 0.36 bc	0.93 ± 0.40 b
T3	0.93 ± 0.40 b	3.15 ± 0.75 a
T4	0.93 ± 0.40 b	2.96 ± 0.87 a
T5	0.19 ± 0.19 c	0.37 ± 0.26 b
T6	0.19 ± 0.19 c	0.00 ± 0.00 c
T7	2.22 ± 0.83 a	0.74 ± 0.51 b
T8	1.48 ± 0.70 ab	1.11 ± 0.62 b

Nota. Para cada fila, las medias ± desviación estándar seguidas de las letras diferentes son significativamente diferentes (p= <0.05).

4.8.1 Severidad del Trozador (Agrotis spp.) del fréjol arbustivo

En el análisis de varianza para el índice del Trozador (*Agrotis* spp.) se evidenció que existe una diferencia significativa entre los tratamientos (F=2.17; gl=7, 410; p= 0.0359).

En la Tabla 15 se observó que valores más bajos se registraron en el tratamiento T5 y T6 (0.19%), seguidos por los tratamientos T1 y T2 (0.74%) y los tratamientos T3 y T4 (0.93%). En cambio, los tratamientos sin acolchado (testigos) presentaron la mayor severidad, especialmente en los tratamientos T7 (2,22%) y T8 (1,48%). Esto indica que la cobertura plástica redujo claramente el daño de esta plaga (trozador) en comparación al testigo que es sin acolchado.

Los resultados indican que el acolchado plástico redujo el tamaño del trozador porque cubrió el suelo e impidió el movimiento de las larvas hasta la base de la planta. Además, al modificar la humedad y la temperatura del suelo, creó un ambiente menos favorable para la plaga. Por eso, los tratamientos con acolchado, sobre todo T5 y T6 (50 cm de distancia de siembra), presentaron menor severidad. En cambio, el T1 y T2 (30 cm) seguidos de T3 y T4 (25 cm), El cultivo estuvo más cerrado y húmedo, lo que favoreció ligeramente la presencia del insecto.

El acolchado plástico mejoró el comportamiento sanitario del cultivo al reducir la gravedad del trozador. Esto muestra que el sistema protege las plántulas durante la etapa crítica de establecimiento y favorece un cultivo mas sano (Lastra, 2026). Además, Cando (2025) evaluó fréjol arbustivo con acolchado plástico y encontró que esta tecnología favoreció el desarrollo del

cultivo; además, aclara que el acolchado plástico mejoró un 50 % el comportamiento agronómico del fréjol frente al sistema sin cobertura.

El microclima alterado bajo acolchado plástico temperatura del suelo incrementa de 2 a 3 °C y humedad mayor al 40%, puede ser menos favorable para la supervivencia y reproducción del trozador (Castillo et al., 2016). Investigaciones en otros cultivos de leguminosas, han demostrado que el sistema de acolchados puede inducir hasta el 30% de presencia de plagas (Tooker et al., 2017).

4.8.2 Severidad de Mosca blanca (Bemisia tabaci G.) en el ciclo del cultivo de fréjol arbustivo

En el análisis de varianza la severidad de la mosca blanca (*Bemisia tabaci G.*), se observó que existe una diferencia significativa entre los tratamientos (F=5.12; gl= 7, 410; p= 0.0001).

En la Tabla 15 la severidad de mosca blanca fue baja en los tratamientos con acolchado a 30 cm y 50 cm de distancia de siembra, con valores de 0.74% en T1, 0.93% en T2, 0.37% en T5 y 0.00% en T6. En cambio, los tratos de 25 cm presentaron los valores más altos, con 3.15% en T3 y 2.96% en T4, lo que indica una mayor presencia de la plaga en las menores densidades de siembra. Los testigos sin acolchado mostraron severidades intermedias-bajas, pero superiores a todos los tratamientos con cobertura (25 y 30 cm de distancia de siembra), con 0,74% en T7 y 1,11% en T8.

Estos resultados indican que la densidad de población tiene un efecto directo sobre la gravedad de la mosca blanca. En el tratamiento de 25 cm (T3 y T4), la mayor proximidad entre plantas resultó en un cultivo más cerrado con menor circulación de aire y mayor humedad relativa, lo que favorece la persistencia y reproducción de mosca blanca. Por otro lado, el cultivo de 30 y 50 cm tuvo menor cobertura de monitoreo y un microambiente menos favorable para el desarrollo de la plaga, por lo que el daño también fue menor.

Esta investigación se alinea con diversos estudios que destacan el impacto de la densidad de siembra y el acolchado en las poblaciones de mosca blanca en cultivos de fréjol. González et al. (2016) reportaron que *Bemicia tabaci* G. puede causar daños directos como insecto chupador y daños indirectos por inducir una maduración desuniforme de los frutos y desarrollo de hongos saprófitos sobre las excreciones del insecto depositadas en la superficie de la planta. Estudios

recientes han demostrado que, en el norte de Sinaloa, México, el rendimiento del fréjol se redujo 30% en promedio debido a la presencia de mosca blanca (Cortez-Mondaca et al., 2021).

La mayor incidencia observada en los tratamientos T3 y T4, con una densidad de siembra de 25 cm, indica que esta densidad puede favorecer el desarrollo de la mosca blanca, posiblemente debido a un aumento en la disponibilidad de recursos y un microclima más favorable. La incidencia significativamente menor en T6, con acolchado plástico, corrobora investigaciones que muestran que esta práctica puede interrumpir el ciclo de vida de la mosca blanca y reducir su acceso a las plantas (Kasirajan & Ngouajio, 2012).

En síntesis, la severidad de mosca blanca fue mayor en las densidades de 25 cm y menor en 30 cm y 50 cm, independientemente de las variedades de fréjol, lo que indica que el aclamado plástico por sí solo no controla la plaga, sino que su efecto depende del espaciamiento entre plantas. Por eso, para mantener un cultivo más sano y con mejor comportamiento morfoagronómico, las distancias intermedias y amplias resultan más convenientes.

4.9 Incidencia y severidad de enfermedades en el ciclo del fréjol arbustivo

A continuación, la evaluación de la incidencia y severidad de la roya (*Uromyces appendiculatus*):

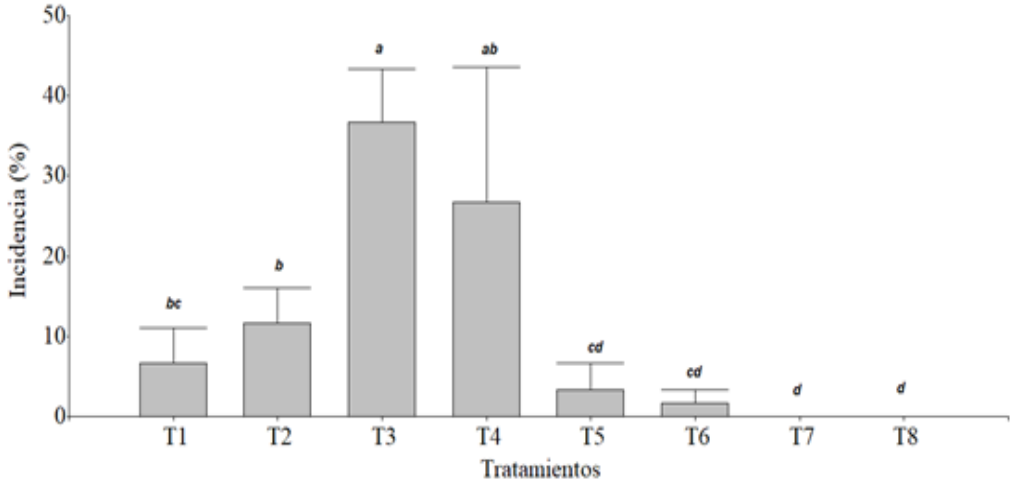
4.9.1 Incidencia de la Roya (Uromyces appendiculatus)

En el análisis de varianza de incidencia de roya (*Uromyces appendiculatus*) se observó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (F=4.45; gl= 7, 14; p= 0.0085).

En la Figura 21, se observa que la incidencia de roya se incrementó en los tratamientos con una mayor densidad de muestra (25 cm), particularmente en T3 (Centenario) con un 36.67%, seguido de T4 (Paragachi) con un 26.67%. En cambio, los tratamientos con 50 cm presentaron menor incidencia, destruyendo T6 (Paragachi) con 1.67% y T5 (Centenario) con 3.33%. Los tratamientos de 30 cm mostraron valores intermedios, con T1(Centenario) 6.67% y T2 (Paragachi) con 11.67%. Los testigos, quienes no recibieron el acolchado, registraron un 0% de incidencia en ambos tratamientos (T7 y T8). Esto indica que, en este caso, la roya estuvo más vinculada al acolchado plástico del cultivo que al suelo sin dicho acolchado.

Figura 21

Incidencia de Roya (Uromyces appendiculatus) en el cultivo de fréjol



Estos resultados indican que la densidad de siembra influyente de forma importante en la incidencia de roya. A 25 cm, el cultivo con mayor cobertura foliar, menor ventilación y mayor humedad relativa alrededor de las hojas, condiciones que favorecen la germinación de esporas y la dispersión del hongo. En cambio, a 50 cm, el follaje estuvo más aireado, lo que redujo la humedad retenida sobre las hojas y limitó el avance de la enfermedad. La diferencia entre variedades también sugiere una respuesta genética distintiva: Centenario fue más susceptible que Paragachi en 25 cm, mientras que en 50 cm ambas redujeron fuertemente la incidencia.

Martínez et al. (2020) consiguieron 35% incidencia roya bajo sistema de acolchado y 5% sin acolchado lo que concuerda con esta investigación al tener datos similares. Akter et al. (2016) encontraron que las fechas de siembra pueden afectar significativamente la incidencia de roya y el rendimiento del fréjol arbustivo. De manera similar, Singh et al. (2012) observaron variaciones en la incidencia de roya bajo diferentes sistemas de cultivo, lo que indica que el ciclo del cultivo es muy importante para el desarrollo de la enfermedad. Aunque el acolchado plástico puede tener beneficios para el control de malezas y conservación de humedad, parece que también puede crear un ambiente para dicho hongo.

En síntesis, la roya fue más severa en las distancias de 25 cm y menor en 50 cm, lo que demuestra que la densidad de muestra fue el factor más determinante en la incidencia de *Uromyces apendiculatus*. El acolchado plástico ayudó al sistema productivo, pero su efecto sanitario fue más

favorable cuando se combinó con una distancia de siembra que permitió mayor ventilación del cultivo.

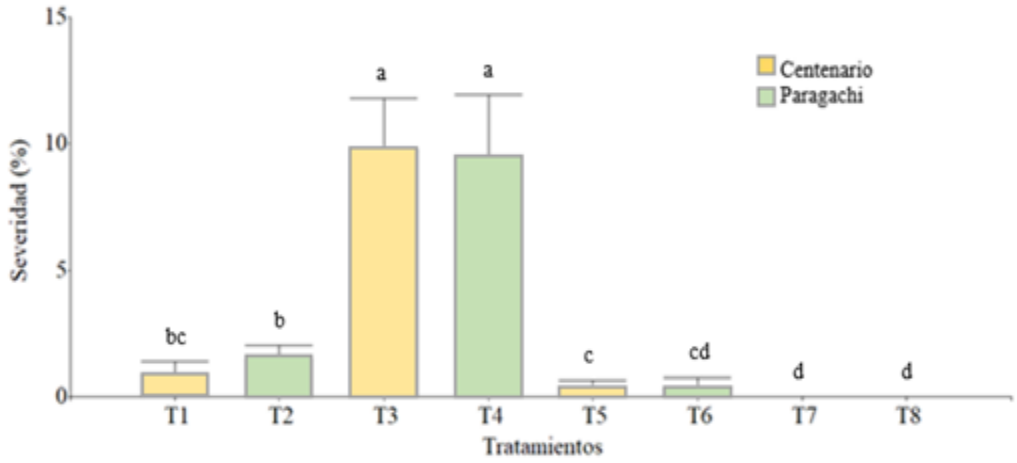
4.9.2 Severidad de la Roya (Uromyces appendiculatus)

En el análisis de varianza de severidad de la roya (*Uromyces appendiculatus*) se observó diferencias significativas (F=11.03; gl= 7, 410; p= <0.0001) entre los tratamientos evaluados.

En la Figura 22 la severidad de roya fue mayor en los tratamientos con 25 cm de distancia de siembra, especialmente en T3 (Centenario) y T4 (Paragachi), con valores de 9.81% y 9.44%, respectivamente. En los tratamientos de 30 cm, la severidad disminuyó a 0.93% en T1 y 1.48% en T2. Los valores más bajos se registraron en 50 cm, con 0.37% en T5, 0.37% en T6 y ausencia total de la enfermedad en T7 y T8. Esta ausencia que el estímulo de la densidad favoreció a la enfermedad, mientras que las distancias mayores ayudaron a limitar su desarrollo.

Figura 22

Severidad de la Roya (Uromyces appendiculatus) en el cultivo de fréjol arbustivo



Estos resultados indican que la mayor severidad de roya a 25 cm se debió a que la mayor densidad de plantas generó un cultivo más cerrado con menor ventilación y mayor humedad, condiciones favorables para la enfermedad. En cambio, a 50 cm hubo mejor aireación y menos humedad en las hojas, por lo que la roya se redujo. Entre las variedades, Centenario (V1) presenta una ligera severidad que Paragachi a 25 cm, lo que indica una respuesta varietal diferente. En los testigos sin

acolchado, la menor humedad sostenida probablemente limitó al desarrollo del hongo, por eso no se observó la enfermedad.

Martínez Medina et al. (2020) consiguieron 35% incidencia roya bajo sistema de acolchado y 5% sin acolchado lo que concuerda con esta investigación al tener datos similares. Akter et al. (2016) encontraron que las fechas de siembra pueden afectar significativamente la incidencia de roya y el rendimiento del fréjol arbustivo. De manera similar, Singh et al. (2012) observaron variaciones en la incidencia de roya bajo diferentes sistemas de cultivo, lo que indica que el ciclo del cultivo es muy importante para el desarrollo de la enfermedad. Aunque el acolchado plástico puede tener beneficios para el control de malezas y conservación de humedad, parece que también puede crear un ambiente para dicho hongo.

El acolchado plástico favoreció el sistema productivo, pero la sanidad del cultivo dependió de la distancia de siembra. A menor distancia, amentó la severidad de roya; a mayor distancia, el cultivo presentado mejor aireación y menor infección. En síntesis, la roya fue más severa en la distancia de 25 cm y mucho menor en 30 y 50 cm, lo que demuestra que la densidad de muestra fue decisiva en la expresión de *Uromyces apendiculatus*. El acolchado plástico mejoró el cultivo, pero su efecto fue más favorable cuando se combinó con distancias que permitieron mayor ventilación y menor humedad en el follaje.

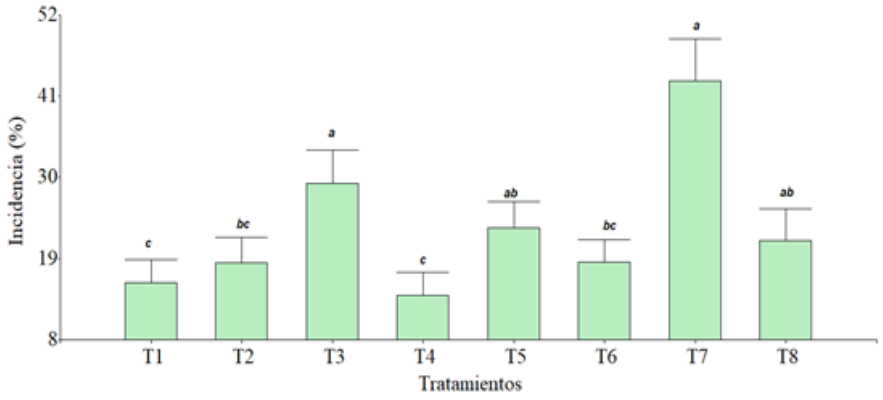
4.10 Incidencia del gusano de la vaina (*Apion godmani*) de fréjol arbustivo

En el análisis de varianza mostró diferencias significativas de la variable incidencia del gusano de la vaina (*Apion godmani*) entre los tratamientos (F=4.69; GL=7, 407; p= <0.0001).

A través de la prueba de Fisher al 5%, la Figura 23 se observa que la incidencia de *Apión godmani* fue mayor en el tratamiento T7 sin acolchado (Centenario, 50 cm) con 43,06%, seguido de T3 (Centenario, 25 cm) con 29,24%. Los valores intermedios se registraron en T5 (Centenario, 50 cm) con 23,14%, T8 (Paragachi, sin acolchado, 50 cm) con 21,44%, T6 (Paragachi, 50 cm) con 18,55%, T2 (Paragachi, 30 cm) con 18,48% y T1 (Centenario, 30 cm) con 15,69%. La menor incidencia se observó en T4 (Paragachi, 25 cm) con 13,97%.

Figura 23

Incidencia del gusano de la vaina (Apion godmani) en el fréjol



Estos resultados muestran que el gusano de la vaina tuvo un comportamiento diferente según la variedad, la distancia de siembra y la presencia o ausencia de acolchado. El daño en T7 sugiere que la ausencia de acolchado plástico pudo favorecer el establecimiento de la plaga, probablemente por un microambiente menos regulado y mayor exposición del suelo y las vainas. En cambio, Paragachi mostró menor incidencia que Centenario en la misma distancia de 25 cm, lo que sugiere una posible diferencia varietal en tolerancia o escape al ataque.

Los tratamientos T2, T6 y T8 muestran incidencias intermedias de 18.48, 18.55 y 21.44%, respectivamente. Estos resultados podrían indicar que la combinación de distancia de siembra y la presencia o ausencia de acolchado plástico influye en la susceptibilidad al ataque del gusano de la vaina (Hernández et al., 2008).

El acolchado plástico mejoró el sistema productivo en general, pero su efecto sobre *Apión Godmani* fue desigual. En otros tratamientos redujo la incidencia, mientras que en otros no fue suficiente para evitar los altos, especialmente en Centenario sin acolchado. La distancia de 25 cm no fue consistente la mejor para el control de la plaga. Aunque en Paragachi presente la menor incidencia, en Centenario producto uno de los mayores daños. Esto sugiere que la densidad óptima debe definir junto con la variedad, porque no todas responden igual frente al gusano de la vaina.

4.10.1 Categorías del daño en la vaina del fréjol arbustivo

El análisis de las categorías de daño revela diferencias significativas entre los tratamientos (Chi Cuadrado Pearson = 109.37, gl= 56, p < 0.0001; Chi Cuadrado MV-G2= 108.84, gl= 56, p= < 0.0001).

En la Tabla 16 se observó que los tratamientos del T1 al T6 predominan los porcentajes ubicados en 2b, 3c, y 4d, mientras que en T7 y T8 aumenta la proporción de vainas en 5e, 6f y 7g. El tratamiento T7 fue el más afectado, porque mostró la mayor concentración de daño alto, especialmente en 7e (10%), 8f (20%) y 9g (>25%). En cambio, T4 y T8 presentaron una mayor proporción de individuos en los porcentajes ubicados en 3c y 4d, lo que indica que el comportamiento del cultivo no fue uniforme entre tratamientos.

Tabla 16

Porcentaje de daño en la vaina del cultivo de fréjol arbustivo frente a patógenos

Tratamientos	1a (0%)	2b (1%)	3c (2%)	4d (3%)	5d (5%)	6d (7%)	7e (10%)	8f (20%)	9g (>25%)	Total
T1	17	17	32	13	8	3	5	3	2	100
T2	5	23	28	15	10	7	7	2	3	100
T3	20	13	13	20	5	3	2	15	8	100
T4	7	35	25	10	7	3	5	5	3	100
T5	17	12	13	28	8	3	8	2	8	100
T6	15	8	23	27	10	7	7	0	3	100
T7	0	7	7	27	13	13	10	7	17	100
T8	3	7	33	37	7	3	7	0	3	100

a Altamente resistente, b Moderadamente resistente, c Resistente, d Intermedio, e Susceptible, f moderadamente susceptible, g altamente susceptible.

Estos resultados indican que el acolchado plástico ayudó a reducir el daño en la vaina, posiblemente fue porque modificó el microclima del suelo y del cultivo, limitando condiciones favorables para el desarrollo de patógenos. Además, la respuesta fue distinta según la variedad y la distancia de siembra, lo que confirma que la interacción genotipo, ambiente y manejo influyó en el daño observado. En los tratamientos sin acolchado, al existir menor regulación del microambiente, el cultivo probablemente estaba más expuesto a una mayor incidencia de organismos causantes de daño.

Por otra parte, la respuesta varietal observada en estudios donde se han identificado materiales de fréjol con menor daño por el gusano de la vaina y mecanismos de resistencia como antixenosis y cicatrización de huevos y larvas (Sánchez et al., 2006; Garza García, 1997). En contraste Morales Matul (2024) obtuvo diferencias entre genotipos en la oviposición de *A. Godmani*, lo que hace que la resistencia no dependa solo del ambiente, sino también de la composición genética del cultivo.

De acuerdo con García y colaboradores (2018), la densidad de siembra ejerce una influencia significativa en el rendimiento del fréjol, con rendimientos superiores observados en densidades moderadas. En el presente estudio, se observaron valores elevados en los tratamientos T1 y T8, lo cual se alinea con las investigaciones anteriores.

En el presente estudio, Centenario fue más susceptible a la plaga que Paragachi en condiciones similares, especialmente sin colchado, lo que sugiere menor tolerancia relativa. En cambio, Paragachi presentó mejor comportamiento agronómico entre los tratamientos con acolchado, lo que podría asociarse a diferencias morfológicas de la vaina, arquitectura del seguimiento o preferencia del insecto por la variedad de fréjol arbustivo.

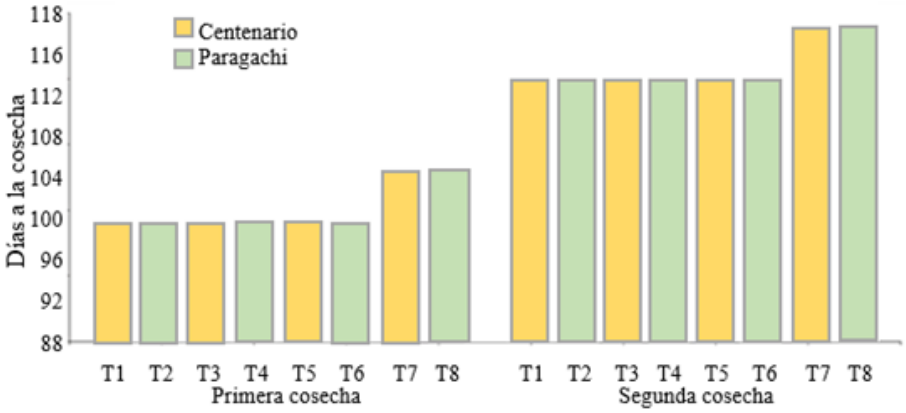
En conjunto, los datos indican que el acolchado plástico contribuyó a disminuir el daño en la vaina y a mantener una mejor condición sanitaria del fréjol arbustivo, mientras que los tratamientos sin cobertura presentaron una mayor proporción de plantas susceptibles y altamente susceptibles.

4.11 Días a la cosecha en verde

Para esta variable, se realizaron dos cosechas (Figura 24) en tierno a los 100 días después de la siembra de todos los tratamientos con acolchado, por la presencia de vainas maduras, mientras que en los testigos la primera cosecha fue a los 104 días después de la cosecha. La segunda cosecha se realizó cuando todos los tratamientos tenían vainas maduras a los 114 días después de la siembra y de los testigos a los 118 días después de la siembra. No hay efecto diferencial entre variedades dentro de cada distancia; la demora de 4 días en T7 y T8 sugiere un pequeño retraso fenológico.

Figura 24

Días a la cosecha de fréjol arbustivo de Centenario y Paragachi



Varios trabajos muestran que los acolchados plásticos modifican la fenología del fréjol, usualmente adelantando la primera cosecha por mejora de temperatura y humedad del suelo, reduciendo los días a primera cosecha (Barge et al., 2022; Chauhan et al., 2023; Tamu et al., 2021). En el presente estudio, bajo acolchado plástico, todas las combinaciones de variedad y distancia concentran la cosecha verde entre 100–118 días, con diferencias mínimas. Esto indica que, en las condiciones de Chaltura, el acolchado plástico estabiliza el microclima, pero no genera adelantos marcados de la cosecha, a diferencia de lo reportado cuando se comparan tratamientos con y sin acolchado.

Revisiones sobre distancias de siembra en fréjol, señalan que la distancia influye fuertemente el rendimiento, con efectos mucho más claros en rendimiento que en días a la cosecha (Das et al., 2023; Neethu et al., 2023; Merzai et al., 2024). Ensayos recientes encuentran que espaciamientos más estrechos incrementan el rendimiento de grano, mientras que el efecto sobre la fenología (días a floración o cosecha) suele ser pequeño o no significativo (Alemayehu et al., 2025).

Este experimento es consistente con esta evidencia de distancias de siembra de 25, 30 y 50 cm bajo acolchado plástico no modifican los días a cosecha en verde, salvo una ligera prolongación de 4 días en T7–T8. Esto es coherente con trabajos donde la densidad afecta más a componentes del rendimiento (número de vainas, rendimiento ha^{-1}) que el día a la cosecha (Tamu et al., 2021). Por tanto, aunque las densidades evaluadas probablemente cambien el rendimiento por superficie, no alteran de forma agronómicamente relevante la fecha de cosecha en verde bajo acolchado plástico.

En la presente investigación, el acolchado plástico y las tres distancias de siembra generaron un ciclo fenológico muy estable, con cosecha verde entre 100 y 118 días, sin diferencias entre variedades y con solo un retraso leve en algunos tratamientos. La literatura reciente indica que el acolchado y la densidad influyen más fuertemente en rendimiento y componentes del rendimiento que en los días a la cosecha, lo que concuerda con los resultados bajo acolchado plástico, la fecha de cosecha en verde es poco sensible a la densidad de siembra dentro del rango evaluado.

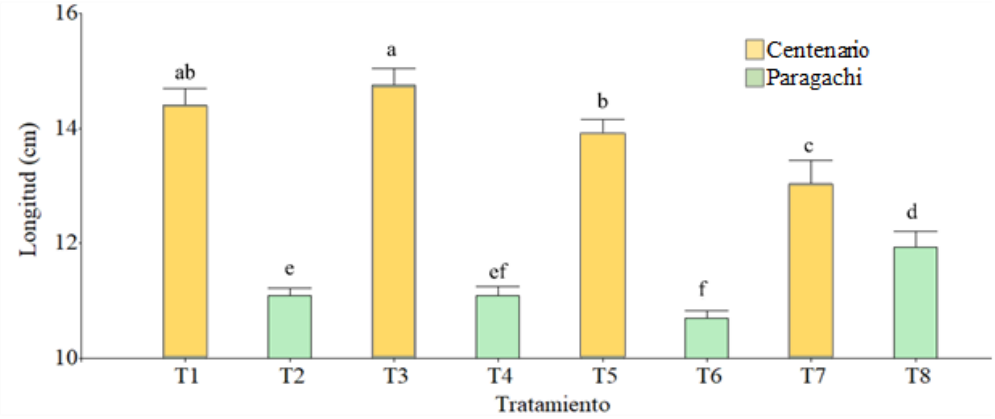
4.12 Longitud de la vaina del cultivo de fréjol (cm)

El análisis de varianza de la variable longitud de vaina, se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($F=53.43$; $GL= 7, 410$; $p=<0.0001$).

En la Figura 25, se especifica la longitud promedio de la vaina para cada tratamiento mediante la prueba Fisher al 5%. Los tratamientos T3, T1 y T5 tienen un promedio máximo de 14.76 cm y un mínimo de 13.95 cm. Mientras que el tratamiento T7 (testigo) obtuvo un promedio de 13.03 cm, y los tratamientos T2, T4, T5, obtuvieron un máximo de 11.09 cm y un mínimo de 10.69 cm. Sin embargo, el tratamiento T8 alcanzó un promedio de 11.94 cm. La variación en la longitud de la vaina entre los tratamientos con acolchado (T1, T3 y T5) podría estar relacionada con las diferentes distancias de siembra, lo que sugiere que la densidad de plantas influye en la competencia por los recursos y, por lo tanto, favorece al desarrollo de las vainas.

Figura 25

Longitud de la vaina de cada tratamiento



El acolchado plástico y el manejo clásico del suelo mejoran el rendimiento reproductivo al mitigar el estrés abiótico, estabilizando la humedad edáfica y la temperatura radicular para reducir el aborto floral. Bajo estas condiciones, la variedad Centenario demuestra una superioridad en longitud de vaina gracias a su mayor plasticidad fenotípica y eficiencia en la translocación de fotosiamilados, mientras que la variedad Paragachi compensa con una mayor densidad de producción en espacios reducidos. Finalmente, la competencia intraespecífica juega un papel clave en la arquitectura de la planta: distancias de 50 cm favorecen el tamaño individual de la vaina, mientras que a distancias de 25 cm priorizan la cantidad mayor numero vainas en el tratamiento.

Cando y Jiménez (2025) reportaron vainas 14.2 cm de longitud en fréjol con acolchado plástico en comparación a los testigos 12.8 cm. Mientras que, Karavidas et al. (2022) obtuvieron 14.3 cm a 30 cm de distancia de siembra frente a los testigos 12.5 cm de longitud a 50 cm de, así atribuyendo al T3 (14.76 cm) como ideal.

El uso de acochado plástico mitiga el estrés de la alta densidad al establecer la disponibilidad física. Bajo este sistema, la variedad Centenario logran mantener su longitud de vaina superior (12–14 cm) incluso en densidades mayores, mientras que Paragachi mantiene su rendimiento constante por su resiliencia morfoagronómica.

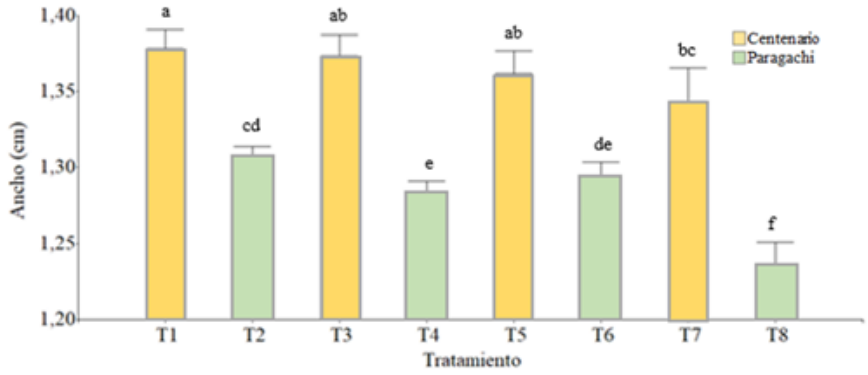
4.13 Ancho de vaina de fréjol arbustivo

El análisis de varianza de la variable ancho de vaina, se observan, diferencias significativas entre los tratamientos evaluados del fréjol bajo el sistema de acolchado plástico (F=13.37; GL= 7, 410; p=<0.0001)

En la Figura 26, a través de la prueba de Fisher al 5%, se determinó que los tratamientos T1, T3 y T5 con valores promedio de 1.38; 1.37 y 1.36 cm respectivamente, exhibieron los anchos de vaina más extensos y notablemente superiores; T2 y T6 (1.31 y 1.29 cm) se ubicaron en una posición media; T7 con un valor de 1.34 cm y T4 y T8 con un promedio de 1.28 y 1.23 cm mostraron los anchos de vaina más cortos.

Figura 26

Ancho de la vaina del cultivo de fréjol



La diferencia significativa de los tratamientos de la variedad Centenario es grande y alargado. Debido a la arquitectura de su grano, su ancho de vaina es naturalmente superior. El sistema de acolchado plástico, al asegurar una nutrición rica constante, permite que la planta no sacrifique el calibre del grano, lo que resulta en vainas más llenas y anchas.

A diferencia de la variedad del Paragachi, presenta un grano de tamaño mediano. Su ancho de vaina es más compacto, lo cual le confiere mayor resistencia al estrés mecánico o ambiental. Bajo

acolchado plástico, esta variedad no aumenta drásticamente el ancho, pero sí logra una uniformidad superior en todas las vainas de la planta. En densidades (50cm) de siembra ambas variedades tienen a maximizar el ancho de vaina debido a la menor competencia por nutrientes (fósforo y potasio, vitales para el llenado de grano).

Lamont (2005) reporta que el acolchado plástico incrementa la temperatura del suelo de 3 a 6 °C, mejorando la absorción de nutrientes y el desarrollo vegetativo, lo que se traduce en vainas más anchas y mejor llenado de granos. Esto coincide con los resultados superiores observados en T1, T3 y T5.

Los resultados obtenidos muestran valores similares a los resultados reportados por Otauro et al. (2024), Los cuales señalan que el ancho de vaina es de 1.36 cm en fréjol con acolchado y 1.24 cm sin acolchado. Esto coincide con los resultados superiores observados en T1, T3 y T5. Sin embargo, Worku et al. (2018) reportaron que el ancho de vaina varía entre 1.2 y 1.5 cm dependiendo de la variedad y manejo agronómico. Los resultados obtenidos de 1.23 y 1.38 cm se encuentran dentro de este rango esperado.

La calidad comercial del ancho de la vaina es la variedad centenaria bajo acolchado es la opción superior debido a la naturaleza genética del grano grande. Su enfoque es la eficiencia productiva por área, la variedad Paragachi en alta densidad (30 cm) en acolchado plástico permite obtener una producción uniforme y constante con un ancho de vaina ligeramente menor pero más estandarizado.

4.10 Número de vainas

El análisis de varianza de la variable rendimiento de vainas revelo un efecto altamente significativo entre el acolchado plástico y sin acolchado plástico ($F=9.68$; $gl= 7, 32$; $p= <0.0001$).

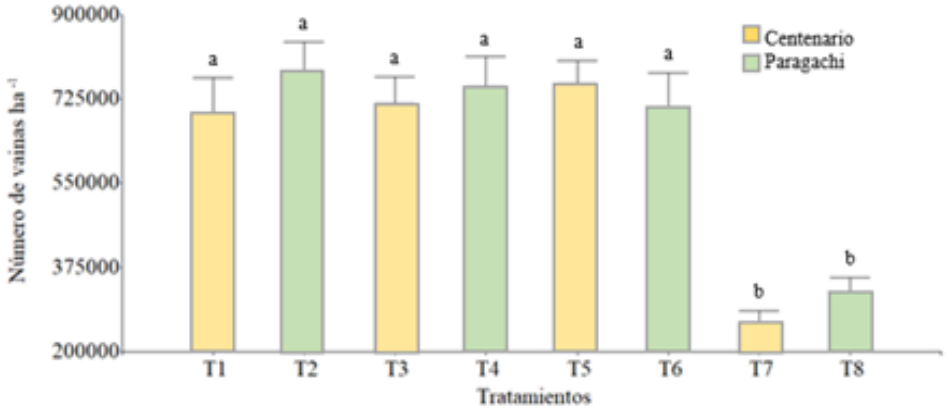
Los tratamientos con acolchado plástico (T1-T6) presentaron valores superiores en el número de vainas ha^{-1}, oscilando entre 690.000 y 810.000 vainas ha^{-1}. Los tratamientos T7 y T8 (testigo sin acolchado plástico) presentaron rendimientos considerablemente inferiores de 270.000 y 300.000 vainas ha^{-1} respectivamente, tal como se observa en la figura 27.

Acolchado plástico elevó el número de vainas ha^{-1} en de T1 a T6 (promedio 750 000) versus testigos (285 000), Por mayor temperatura de suelo de 2 a 5 °C, retención humedad de 25 a 30% y control de malezas que optimizan fotosíntesis e incrementando sitios reproductivos. La variedad

Centenario superó a la variedad Paragachi consistentemente, Reflejando mejor adaptación genotípica al microclima. Las variaciones menores entre T1 y T6 indican que el acolchado es el factor dominante sobre la densidad de siembra.

Figura 27

Numero de vainas por cada tratamiento



En sistema de acolchado el V1, reduce del estrés hídrico y aumenta la supervisión de vainas en el tercio inferior y medio, incrementando final del número vainas ha^{-1} respecto a los testigos sin cobertura. Morfoagronómicamente, la V2 presenta una mayor ramificación secundaria, lo que permite un mayor número de nudos florales. Al estar bajo acolchado plástico, su capacidad de emitir vainas es potenciada, siendo la variedad que más responde en cantidad al mejorar las condiciones de humedad y temperatura.

Los datos obtenidos en este estudio son similares a los resultados de Otuaro et al. (2024), quienes reportaron 720 000 vainas ha^{-1} bajo sistema de acolchado en comparación del testigo (sin acolchado plástico) donde obtuvieron 280 000 vainas ha^{-1}. Mientras que Ramos (2024) obtuvieron 820 000 vainas ha^{-1} en densidades de siembra entre 25 y 30 cm con acolchado plástico en comparación a los testigos con 650 000 vainas ha^{-1} en 50 cm. Estos resultados similares pueden estar relacionada con la conservación de humedad del suelo, reduciendo el estrés hídrico durante la fase reproductiva y previniendo la caída de flores (Kasirajan & Ngouajio, 2012).

La variedad Paragachi permite explotar su potencial de alta carga productiva en términos de número de vainas ha^{-1}, mientras que la variedad Centenario logró un equilibrio superior al mantener calibres de grano y longitudes de vaina de alta calidad comercial en densidades

moderadas de 30 cm, demostrando que la interacción entre la selección varietal y el sistema de manejo es determinante para alcanzar la máxima eficiencia productiva.

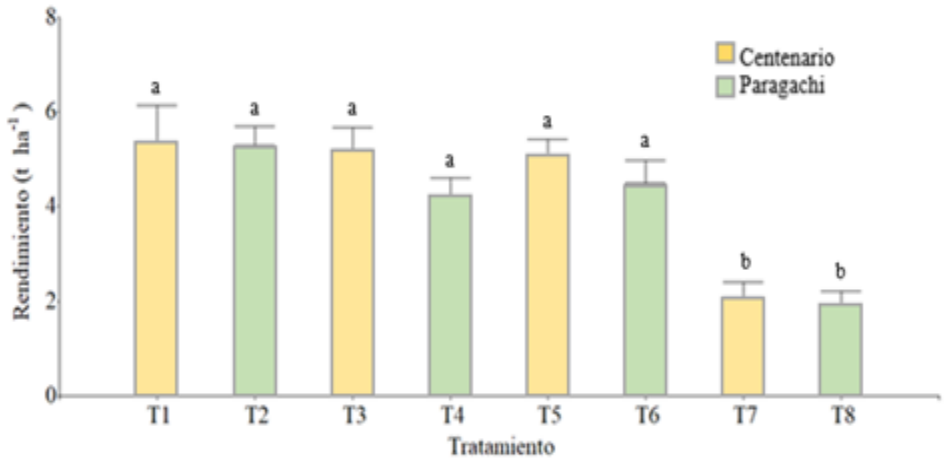
4.11 Peso de la vaina

Una vez realizado el análisis de varianza para la variable rendimiento de peso de la vaina se pudo evidenciar que existe una diferencia significativa en los tratamientos evaluados (F=4.70; gl=6, 385; p= <0.0001).

En la Figura 28 mediante la prueba de Fisher al 5% se determinó que los tratamientos con acolchado plástico de T1 hasta T6 presentan un rendimiento entre 5.5 y 6.5 t ha^{-1}. Los tratamientos T1 y T2 presentaron los mayores rendimientos, con valores ligeramente superiores a 6.5 t ha^{-1}. Los tratamientos T7 y T8 (testigo sin acolchado plástico) mostraron rendimientos significativamente menores, alcanzando alrededor de 2.5 y 3.0 t ha^{-1} respectivamente.

Figura 28

Rendimiento del peso de la vaina de cada tratamiento en estudio



Kasirajan y Ngouajio (2012) enfatizaron que este sistema de acolchado mejora la conservación del suelo húmedo y la supresión de malezas, factores que contribuyen directamente al aumento del rendimiento del peso de la vaina. Otuaro et al. (2024) reportaron 6.2 t ha^{-1} con sistema de acolchado plástico en comparación al testigo que obtuvieron. 2.8 t ha^{-1}. Mientras que Jiménez

Galindo et al. (2013) hallaron 6.4 t ha^{-1} con acolchado plástico y 2.9 t ha^{-1} sin acolchado plástico, coincidiendo con los resultados de la investigación.

Lastra (2026) reportó que el acolchado plástico obtuvo 5.8 t ha^{-1}, produciendo rendimientos estadísticamente equivalentes y significativamente superiores al testigo sin acolchado de 1.9 t ha^{-1}. Asimismo, Vinocunga (2024) menciona que a 50 cm de distancia de siembra bajo acolchado plástico se obtiene 3.9 t ha^{-1} de arveja (*Pisum sativum*) y el testigo de 1.29 t ha^{-1}. Por lo tanto, los datos obtenidos en la presente investigación bajo acolchado superan a las investigaciones previas.

Los rendimientos que se obtuvo en el ensayo bajo acolchado plástico (5,5 a 6,5 t ha^{-1}) son excepcionales, así superando ampliamente los promedios informados en fichas técnicas y literatura científica para las variedades Centenario y Paragachi en condiciones de cultivo convencional. Este incremento, que supera el 200% respeto al potencial (2 a 6 t ha^{-1}), sugiere que el sistema de acolchado plástico, combinado con los manejos específicos de densidad y nutrición, eliminó los factores limitantes (estrés técnico, pérdida de agua, competencia de arvenses) una maniobra altamente efectiva.

4.16 Beneficio-costo

Los costos de producción se calcularon después de finalizar el ciclo de cultivo en verde (tierno) del fréjol arbustivo. El área de estudio fue de 550.8 m^2. Para realizar el análisis económico, se tomaron en cuenta los rendimientos de los tratamientos evaluados, los cuales fueron proyectados en t ha^{-1}, los ingresos y egresos fueron expresados en dólares/hectárea (USD ha^{-1}). Para los ingresos se tomó en cuenta los kg/ha de fréjol tierno cosechada en cada tratamiento y el precio de venta fijado por el Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA, 2024). Un saco de fréjol tierno variedad Centenario de 45 kg tiene un valor de $25 y el kilogramo a $0.55. Mientras que la variedad Paragachi tierno tiene un valor de $23 los sacos de 45kg. Por lo tanto, los egresos del cultivo de fréjol fue el acolchado plástico, aspersores, manejo del cultivo, preparación de suelo, la siembra y fertilización, los egresos de cosecha y el flete, además se tomó en cuenta los costos fijos (administración, costo de oportunidad del capital) que se detallan en el Anexo 1.

Tabla 17

Rentabilidad de los tratamientos evaluados del cultivo de fréjol arbustivo

Descripción	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Costo total producción (USD)	1744.9	1730.2	1775.7	1761.5	1706.9	1693.8	847.0	847.1
Rendimiento t ha^{-1}	5.4	5.3	5.2	4.2	5.1	4.5	2.1	1.9
Ingresos (USD)	2739.5	2933.3	2657.8	2327.8	2596.4	2488.9	1063.1	1066.7
Utilidad (USD)	994.7	1203.1	882.0	566.3	889.5	795.0	216.1	219.5
Costo-beneficio	1.6	1.7	1.5	1.3	1.5	1.5	1.3	1.3

El análisis económico (Tabla 17) reveló que los tratamientos con acolchado plástico (T1 a T6) generaron utilidades superiores (566-1203 dólares ha^{-1}) y relaciones costo-beneficio de 1.3-1.7 en comparación a los testigos T7 y T8 (utilidad 216-220 dólares ha^{-1} y B/C 1.3), con T2 (Paragachi, 30 cm) maximizando rentabilidad (B/C 1.7, utilidad 1203 dólares). Los mayores rendimientos (4.2 a 5.4 t ha^{-1}) compensaron costos adicionales del acolchado, pese a mayor incidencia plagas. En la Tabla 17 se observa el análisis de los datos de costo-beneficio (B/C), donde se muestra que los mejores indicadores son los tratamientos con acolchado plástico (T1 y T2), ya que todos presentan un índice B/C mayor que 1.3 es decir que, por cada dólar invertido, se obtiene un beneficio superior.

El análisis económico evidenció que el sistema de acolchado plástico genero una rentabilidad positiva en todos los tratamientos evaluados, una con diferencias claras entre variedades y distancias de siembra. Los mayores costos de producción correspondientes a T3 (Centenario, 25 cm) con USD 1 775.7 y T4 (Paragachi, 25 cm) con USD 1 761.5, los costos más bajos se registraron en T7 y T8 con aproximadamente USD 847. Sin embargo, los tratamientos con mayor inversión no necesariamente albergaron los mejores retornos, ya que la utilidad más alta se obtuvo en T2 (Paragachi, 30 cm) con USD 1 203.1, seguido de T1 (Centenario, 30 cm) con USD 994.7. En contraste, los testigos (sin acolchado) con los menores ingresos y utilidades, mantuvieron una relación beneficio-costo positiva pero inferior a los tratamientos con acolchado.

La relación beneficio-costo confirma esta tendencia. T2 presento el valor más alto, con 1.7, seguido de T1 con 1.6, lo que indica que por cada dólar invertido se recuperó USD 0.70 y USD 0.60, respectivamente. En cambio, T3, T5, T6, T7 y T8 alcanzaron valores entre 1.3 y 1.5, reflejando una rentabilidad menor, especialmente en los tratamientos sin acolchado (T7 y T8). En términos prácticos, los resultados bajo sistema de acolchado plástico sí mejoró la eficiencia económica del

cultivo, pero la combinación más favorable fue Paragachi a 30 cm, por su mayor utilidad e índice B/C.

La rentabilidad del sistema de acolchado plástico se relacionó con su efecto positivo sobre el rendimiento y la eficiencia productiva del fréjol. Los tratamientos con cobertura mostraron mejores ingresos y mayores relaciones beneficio-costo que los sistemas sin acolchado, lo que indica que la inversión adicional en el material se compensó con una mayor productividad. Este comportamiento consta con lo reportado por Ramadhani y otros (2024), también encontraron que el acolchado mejoró el crecimiento, rendimiento y la rentabilidad del fréjol.

La distancia de observación influyente en el resultado económico. En este estudio, a 30 cm de distancia de siembra presentó el mejor equilibrio entre costos, rendimiento y utilidad, mientras que 25 cm elevó la densidad sin traducir en una mayor eficiencia económica. Por el contrario, 50 cm redujo la población por área y limitó el retorno productivo. Este patrón es coherente con la interacción genotipo y densidad descrito por Quevedo et al. (2023), donde el arreglo espacial modifica la expresión morfoagronómica del cultivo.

Los resultados coincidentes con investigaciones recientes que demuestran que el acolchado plástico mejoró la rentabilidad del fréjol al optimizar el microambiente y elevar el rendimiento (Cando Changoluisa, 2025; Ramadhani et al., 2024). De forma similar Lastra (2026) realizo estudios económicos en leguminosas (arveja) bajo cobertura plástica, donde mostró relaciones beneficios-costo superiores a 1, confirmando la viabilidad financiera de esta tecnología.

En la investigación Chávez Gavilánez (2022) calculó B/C de 1.61 con acolchado y 1.2 sin acolchado. Mientras que Karavidas et al. (2022) calcularon B/C 2.1 con acolchado plástico y 1.5 sin acolchado. Estas investigaciones realizadas son diferentes a los B/C que se obtuvo en este estudio. En conjunto, la evidencia indica que la mayor eficiencia económica no depende solo de aumentar la densidad, sino de combinar adecuadamente la variedad, espaciamiento y cobertura del suelo (Zhang et al., 2022).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El sistema de acolchado plástico en las 2 variedades de fréjol arbustivo mostró un efecto favorable sobre el comportamiento agronómico del cultivo frente a los testigos sin cobertura. Aunque se trató del segundo año de uso del acolchado y del cuarto ciclo de producción la tecnología todavía mantuvo ventajas sobre el manejo tradicional, al contribuir a un microambiente más estable y a una menor presencia de plagas y enfermedades.
- La densidad de siembra incluyó de manera importante en el ensayo, la distancia de 30 cm presentó el mejor equilibrio entre productividad, aprovechamiento del área y condición fitosanitaria, mientras que 25 cm generó mayor competencia entre plantas y mayores problemas sanitarios. Por su parte, a 50 cm redujo la población y limitó el potencial de rendimiento, aunque en algunos casos mejoró la ventilación y disminuyó las plagas. En conjunto, la respuesta observada confirma que la densidad óptima depende de la interacción entre variedad, sistema de acolchado y estado del cultivo.
- La evaluación económica demostró que los tratamientos con acolchado fueron financieramente superiores a los testigos (sin acolchado). La combinación de Paragachi con 30 cm de distancia de siembra destacó como la más rentable, al registrar la mayor utilidad y la mejor relación beneficio costo (1.7), Mientras que los testigos presentaron menores ingresos y una rentabilidad más limitada. Estos resultados evidencian que, con una inversión inicial mayor, el acolchado plástico sigue siendo una alternativa viable para mejorar la eficiencia productiva y económica del fréjol arbustivo, siempre que se combine con una densidad de siembra adecuada y una variedad con mejor respuesta agraria.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar la altura de planta número de hojas y área poliar en diferentes etapas fenológicas, porque estos parámetros permitirán conocer la forma integral del crecimiento del cultivo y su respuesta al manejo agronómico. Además, se sugiere registrar el número de vainas por planta ya que este componente está directamente relacionado con el

rendimiento final y ayudará a explicar con mayor precisión el efecto de los tratamientos aplicados.

- Se sugiere realizar evaluaciones con más variedades de fréjol, diferentes colores de acolchado y otras densidades de siembra, para definir con mayor precisión la combinación más eficiente para las condiciones agroclimáticas de Imbabura y otras localidades.
- Se sugiere adaptar el acolchado plástico con semillas certificadas para adquirir mejores resultados con respecto a Beneficio-costo.

REFERENCIAS

Akter, M. H., Islam, M. N., Rahman, M. M., & Islam, M. S. (2016). Effect of different planting dates on bean rust (*Uromyces appendiculatus*) incidence and yield of bush bean. *Journal of Plant Pathology*, 98(3), 477-483. https://doi.org/10.1111/jpp.12425

Aldair, A. Q. J. (2024). *Efectos del acolchado plástico en producción de fréjol con resistencia a roya*. Universidad Técnica de Cotopaxi. https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/61491457-851f-4d34-a43b-641e8353526b/content

Alemayehu, D., Shumi, D., Neda, E. K., Daba, N., & Dechassa, N. (2025). Optimum plant density and inorganic fertilizer application improved selected soil chemical properties and common bean productivity in southern Ethiopia. Agrosystems, Geosciences & Environment, 8(1), e20525. https://doi.org/10.1002/agg2.70079

Almachi Quinatoa, J. A. (2024). Evaluación de tres distintos métodos de producción con tres variedades de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.) INIAP-420, INIAP-425 y INIAP-484, en el Campus CEASA 2023 (Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi). UTC Digital Repository. https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/61491457-851f-4d34-a43b-641e8353526b/content

Amare, G., & Desta, B. (2021). Coloured plastic mulches: impact on soil properties and crop productivity. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 8, 1–14. https://doi.org/10.1186/s40538-020-00201-8

Amongi, W., Aparicio, J., Nduwarugira, E., Ndabashinze, B., Ruhebuza, K., Otsyula, R., Misango, S., Kamau, E., Karanja, D., Makoani,W.,M., Uwera, A., Nestory, S., Nkalubo, S., Kesiime, E., Moges, A., Tumsa, K., Mamo, T., Beebe, S., & Mukankusi, C. (2025). Yield and climatic parameters in a common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) regional trial. *Crop Science*, 65(2), 70-037. https://doi.org/10.1002/csc2.70037

Aybar-Peve, L., Cervantes-Zamudio, R., Camargo-Cobeñas, M., Chihuan-Palomino, E., Rojas-Meza, M., & Terán-Rojas, J. (2025). Fenología, crecimiento y rendimiento de nueve líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones agroclimáticas de Chincha, Perú. *Bioagro*, 37(3), 277-288. https://doi.org/10.51372/bioagro373.3

Barge, J. M., Bahadur, V., Prasad, V., & Deepanshu. (2022). Effect of mulching on plant growth, yield and quality of French bean (Phaseolus vulgaris L.) cv. ArkaKomal. *International Journal of Environment and Climate Change, 12*(12), 1394–1402. https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i121512

Bravo, A., García, M., & López, R. (2020). Densidad de siembra y acolchado en Phaseolus vulgaris bajo condiciones andinas. *Revista Científica Agropecuaria, 12*(2), 45-52.

Cando Changoluisa, L. P. (2025). "EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO Y RENDIMIENTO AGRONÓMICO DE LAS TRES VARIEDADES DE FRÉJOL ARBUSTIVO SIN GUÍA (*Phaseolus vulgaris* L.) INIAP-420 CANARIO DEL CHOTA, INIAP484 CENTENARIO E INIAP-425 BLANCO FANESQUERO CON LA UTILIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ACOLCHADO PLÁSTICO EN EL CAMPUS SALACHE.". Universidad Técnica de Cotopaxi. https://repositorio.utc.edu.ec/items/8231fe3b-d284-4ba8-b08b-ceece7751827

Cando Changoluisa, M. A., & Jiménez Jácome, F. (2025). *Efecto de diferentes materiales de acolchado sobre el rendimiento de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.)*. Repositorio UTC. https://repositorio.utc.edu.ec

Carrillo, F. U. (2014). Evaluación de la resistencia a enfermedades y potencial agronómico de poblaciones de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de Cotacachi y Saraguro. Cotacachi, Imbabura [Universidad Central del Ecuador]. http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2864/1/T-UCE-0004-96.pdf

Castillo, M. P., et al. (2016). Effect of soil temperature and moisture on the development of *Cerotoma trifurcata* (Coleoptera: Chrysomelidae) on common bean. *Journal of Insect Science, 29*(2), 177-186. https://doi.org/10.1093/jins/iwv015

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

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1986). Etapas del desarrollo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.); Guía de estudio para ser usada como complemento de la

Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido Científico: Fernández, F; Geps, P; López, M. Producción: Ospina O, Héctor F. Colaboración: Hidalgo, R. Cali, Colombia. CIAT. 26p. (serie 04SB-09.03).

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1987). Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Art van Schoonhoven y Marcial A. Pastor- Corrales (comps.). Cali, Colombia.56p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1993). Descriptores varietales para cultivos: Maíz, Sorgo, Arroz y fréjol. Cali, Colombia.

Chauhan, S., Agrawal, G., Kumar, P., Chauhan, A., Thakur, K., & Singh, U. (2023). Effect of drip irrigation and organic mulches on growth, yield and water-use efficiency of French bean (Phaseolus vulgaris). *The Indian Journal of Agricultural Sciences, 93*(6), 558–563. https://epubs.icar.org.in/index.php/IJAgS/article/view/138616Tamu, C. C.,

Chávez Gavilánez, J. A. (2022). *ANÁLISIS EMPÍRICO DE LA PRODUCCIÓN DE FRÉJOL ARBUSTIVO EN LA PARROQUIA MULTITUD, CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.* Universidad Nacional de Chimborazo. http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/8688/1/Chavez%20Gavilanez%20J.%20(2022)%20An%C3%A1lisis%20emp%C3%ADrico%20de%20la%20producci%C3%B3n%20de%20Fr%C3%A9jol%20Arbustivo%20en%20la%20Parroquia%20Multitud,%20Cant%C3%B3n%20Alaus%C3%AD,%20Provincia%20de%20Chimborazo,%20per%C3%ADodo%202021..pdf

Dada, O. I., Habarakada Liyanage, T. U., Chi, T., Yu, L., DeVetter, L., & Chen, S. (2025). Towards sustainable agroecosystems: A life cycle assessment review of soil-biodegradable and traditional plastic mulch films. *Environmental Science and Ecotechnology, 18*, 100424. https://doi.org/10.1016/j.ese.2024.100424

Das, Badhan Chandra, Khaleda Khatun, Abul Faiz Md. Jamal Uddin, Md. Jahid Hasan, Md. Kawsar Alam Nadim, Motabber Rahman, Sourav Adhikary, and Sayed Eshtiak Akter. (2023) Influence of Mulching and Organic Manure on the Growth and Pod Yield of French Bean (Phaseolus Vulgaris L.)". *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research* 10 (4):303-9. https://doi.org/10.9734/ajahr/2023/v10i4271.

Deng, H., Xiong, Y., Zhang, H. et al. (2019). Maize productivity and soil properties in the Loess Plateau in response to ridge-furrow cultivation with polyethylene and straw mulch. Sci Rep 9, 3090. https://doi.org/10.1038/s41598-019-39637-w

Deng, L., Yu, Y., Zhang, H., Wang, Q., & Yu, R. (2019). The effects of biodegradable mulch film on the growth, yield, and water use efficiency of cotton and maize in an arid region. *Sustainability*, *11*(24), 7039. https://doi.org/10.3390/su11247039

Devi, H. A., Bahadur, V. y José, A. V. (2025). *Efecto del acolchado sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de las plantas de frijol francés (Phaseolus vulgaris L.)*. Revista Internacional de Investigación en Agronomía, 8(6), 469–472. https://www.doi.org/10.33545/2618060X.2025.v8.i6f.3061

Díaz-Pérez, J. C. (2010). Bell pepper (*Capsicum annum* L.) grown on plastic film mulches: Effects on crop microenvironment, physiological attributes, and fruit yield. *HortScience, 45*(8), 1196-1204. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.8.1196

Escoto, N. D. (Mayo de 2011). El cultivo de fréjol. (E. Fúnez, Ed.) Recuperado el 09 de 03 de 2024, de El cultvo de fréjol: http://www.dicta.hn/files/Guia-cultivo-de-fréjol-2011.pdf

Espinel Ramón, Solórzano Nayeth, (2025). Social Justice and Sustainability of Peasant Family Farming. *Revista de Tecnología y Educación*, *37*(1), 1–15. https://doi.org/10.37815/rte.v37n1.1285

Federación Nacional de Ligas de Educación Católica FENALCE. (2010). *El cultivo del fríjol: Historia e importancia.* disponible en URL: Http://Observatorioredsicta.Info/Sites/Default/Files/Docplublicaciones/El_Cultivo_Del_Frijol_His toria_E_Importancia. Recuperado el 29 de septiembre del 2025

Gao, H., Yan, C., Liu, Q., Ding, W., Chen, B., & Li, Z. (2019). Effects of plastic mulching and plastic residue on agricultural production: A meta-analysis. *Science of the Total Environment, 651,* 484–492. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.105

García Luna, A. (2015). *Infraestructura para el establecer la implantación de cultivos.* Ediciones Paraninfo, S.A. Obtenido de https://www.google.com.ec/books/edition/Infraestructuras_para_establecer_la_impl/2FLvCgAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&kptab=overview

Gosgot Ángles, W., Banda Martinez, D., Barrena Gurbillón, M. Á., Espinoza Canaza, F. I., Santillan Gomez, H., Mori Servan, D. C., … Oliva-Cruz, M. (2025). Productivity and morphological adaptation of *Phaseolus vulgaris* L. in agrivoltaic systems with different photovoltaic technologies: A case study in Chachapoyas, Amazonas, Peru. *Agronomy*, *15*(2), 364. https://doi.org/10.3390/agronomy15020364

Guamán, R. N., Desiderio, T. X., Villavicencio, A. F., Ulloa, S. M. y Romero, E. J. (2020). Adaptabilidad de cuatro variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la parroquia Luz de América – Ecuador. *Siembra*, *7*(1), 001–011. https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1908

Guerrero-Gutierrez, J. A., & Torres, E. A. (2022). Ajuste del coeficiente basal de cultivo (Kcb) de frijol (Phaseolus vulgaris) mediante teledetección. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, *25*(2). https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n2.2022.1832

Hernández, Arianna. 2018. Insectos, plagas y enfermedades asociadas a cuatro cultivares de frijol común (Phaseolus vulgaris L.). Trabajo de Diploma. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. 46 p. https://repositorio.uclv.edu.cu/server/api/core/bitstreams/1944b1e1-9d1b-4980-9ff1-5cab4c3f68c9/content

Hernández, J. M., et al. (2008). Respuesta de variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) a la densidad de siembra y a la fertilización nitrogenada. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *1*(5), 457-468. https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v1n5/v1n5a1.pdf

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (2009). *Programa nacional de leguminosas y granos Andinos Estacion Experimental Santa Catalina.* https://repositorio.iniap.gob.ec/server/api/core/bitstreams/1ee43ab8-10b5-485b-935f-27b5592be190/content

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2018). *Guía técnica para el cultivo de fréjol en la sierra ecuatoriana con mulch plástico*. https://repositorio.iniap.gob.ec/items/f4d572c5-a239-43c7-afa4-3f48ad6a91b4

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. (enero de 2022). *Programa de Maiz.* Obtenido de Estación Experimental Santa Catalina:

https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/6044/1/informe_anual_pm_2021_listo_revjlz_compressed%281%29.pdf

Iqbal, N., Akhtar, J., Ullah, S., Khaliq, A., & Ahmad, S. (2020). Benefits potential of mulches for agriculture: A review. *Bulletin of the National Research Centre, 44*(1), Article 90. https://doi.org/10.1186/s42269-020-00290-3

Karavidas, I., Koubouris, G. C., & Kourkoutas, Y. (2022). Agronomic practices to increase yield and quality of common bean (Phaseolus vulgaris L.). *Agronomy, 12*(2), 271. https://doi.org/10.3390/agronomy12020271

Karavidas, I., Ntatsi, G., Vougeleka, V., Karkanis, A., Ntanasi, T., Saitanis, C., … Savvas, D. (2022). Agronomic practices to increase the yield and quality of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A systematic review. *Agronomy, 12*(2), 268. https://doi.org/10.3390/agronomy12020268

Kasirajan, S., & Ngouajio, M. (2012). Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: A review. Agronomy *for Sustainable Development, 32*(2), 501-529. https://doi.org/10.1007/s13593-011-0068-3

Lamont, W. J. (2005). Plastics: Modifying the microclimate for the production of vegetable crops. *HortTechnology*, *15*(3), 477-481. https://doi.org/10.21273/HORTTECH.15.3.0477

Lema Malla, J. G. (2018). Evaluación del rendimiento de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) INIAP 484 Centenario, en siembra directa bajo fertilización química, orgánica más *Rhizobium spp*. [bachelorThesis, Quito: UCE]. http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15389

Lendzemo, T., & Vugheh, F. (2021). Effect of different mulching materials on the growth and yield of green bean (Phaseolus vulgaris L.) in Nfonta the Western Highlands of Cameroon. *Sustainable Agriculture Research, 10*(4), 31–43. https://doi.org/10.5539/sar.v10n4p31

Li, S., Ding, F., Flury, M., Wang, Z., Xu, L., Li, S., … Wang, J. (2022). Macro- and microplastic accumulation in soil after 32 years of plastic film mulching. *Environmental Pollution, 300*, 118945. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.118945

Martínez, A. F. (2005). Efecto de acolchados plásticos y micro túneles en plagas. *Estudios y Perspectivas en Agricultura, 1*(4).

https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c5636d59-18b6-499d-898c-4d9b32963cc9/content

Merzai, M. S., Salari, M. W., & Kazimi, R. (2024). Effect of planting distance and nitrogen fertilizer on the yield and physiological traits of Pinto bean (Phaseolus vulgaris L.). *Plant Science Today, 11*(x), 1–9. https://doi.org/10.14719/pst.2410

Mohammed, A., & Feleke, E. (2022). Future climate change impacts on common bean (Phaseolus vulgaris L.) phenology and yield with crop management options in Amhara Region, Ethiopia. *CABI Agriculture and Bioscience, 3*, 20. https://doi.org/10.1186/s43170-022-00088-0

Munguía-López, J., Zermeño-González, A., Gil-Marín, A., Quezada-Martín, M.R., IbarraJiménez, L. y Arellano-García, M.A., 2011. Balance de energía en el cultivo de chile morrón bajo acolchado plástico. Terra Latinoamericana. 29(4): 431-440. En línea: http://www.redalyc.org/pdf/573/57322342009.pdf

Murillo, A., Peralta, E., Mazón, N., Rodríguez Ortega, D. G., & Pinzón, J. (noviembre de 2012). *INIAP-484 Centenario: Variedad de fréjol arbustivo con resistencia múltiple a enfermedades.* Recuperado el 10 de abril de 2024, de Investigaciones ESSC: https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/384/4/iniapscbd421.pdf

Neethu, T., Adivappar, N., Srinivasa, V., & Girijesh, G. (2021). Effect of spacing and fertigation on growth and yield parameters of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under protected cultivation. *Legume Research, 44*(5), 563–569. https://doi.org/10.18805/LR-4523

Negahban, M., Moharramipour, S. (2007). Fumigant toxicity of essential oil from Artemisia sieberi Besser against three stored product insects. J. Stored. Prod. Res. 43: 123-128.

Otuaro, E. A., et al. (2024). Effect of different mulching materials on residual moisture content conservation and yield of brown beans (*Phaseolus vulgaris*) in Minna, Nigeria. *Open Journal of Soil Science, 14*(5), 1-15. https://doi.org/10.4236/oalib.1111454

Pelacho, A. M. (2020). Biodegradable plastic mulches: Impact on the agricultural biotic environment. *Science of the Total Environment, 750*, 141228. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141228

Peralta I., E., Murillo I., A., Mazón, N., & Rodríguez Ortega, D. G. (2014). Catálogo de variedades mejoradas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) para los valles y estribaciones de la Sierra Ecuatoriana: Incluye huella digital y razas. http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2712

Radhani, A. M., Nassary, E., Rwehumbiza, F. B., Massawe, B., & 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*, 1384242. https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1384242

Ramos, R. A. S. (2024). *Mulch en la conservación del agua y rendimiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Dialnet. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9814221.pdf

Salama, K., & Geyer, M. (2023). Plastic mulch films in agriculture: Their use, environmental problems, recycling and alternatives. *Environments, 10*(10), 175. https://doi.org/10.3390/environments10100175Serrano-Ruiz, H., Martín-Closas, L., &

Sangoquiza-Caiza, C. A., Zambrano-Mendoza, J. L., Subía-García, C. R., López-Guerrero, V., Racines-Jaramillo, M., & Pincay-Verdezoto, A. (2024). Efecto del sistema de siembra en acolchado plástico sobre el comportamiento agronómico y rentabilidad de cuatro variedades de maíz en la Sierra del Ecuador. Avances en Ciencias e Ingeniería ACI, 16(2), e3290. https://doi.org/10.18272/aci.v16i2.3290

Singh, A., Ashaq, M., Bhat, O. A., Pandey, S. K., & Lallawmkimi, M. C. (2023). Soil acidity and liming. *Zenodo*. https://doi.org/10.5281/zenodo.14493851

Singh, P., Sharma, P. K., & Singh, R. (2012). Incidence and severity of bean rust under different cropping systems in Nepal. *Plant Disease*, *102*(11), 1485–1491. https://doi.org/10.1094/PD-01-11-0724

Stone, A., Port, G. y Bocianowski, J. (2018). Efecto de la densidad de plantas y el acolchado sobre los componentes del rendimiento del frijol común (Phaseolus vulgaris L.). *Revista de investigación hortícola*, *26*(1), 47-56. https://doi.org/10.2478/johr-2018-0012

Suárez, J. (Marzo de 2019). *Efectos del color del acolchado sobre el desarrollo y producción en tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.).* Recuperado el 16 de 05 de 2024, de Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias:

http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6077/Suarez_Medina_Jorge.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tabango, E. (2021). "CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES *NATIVAS DE FRÉJOL (Phaseolus vulgaris L.), PROCEDENTES DEL BANCO NACIONAL DE GERMOPLASMA DEL INIAP, EN EL CANTÓN COTACACHI PROVINCIA DE IMBABURA".* Recuperado el 13 de 02 de 2024, de Variedades de Fréjol: https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11168/2/03%20AGP%20291%20TRABAJO%20GRADO.pdf

Tooker, J. M., et al. (2007). Row covers and mulch for management of soybean aphid. *Journal of Integrated Pest Management, 1*(1), 1-7. https://doi.org/10.1673/0971-4129(2007)1 [1]1:1

Universidad San Francisco de Quito. (2023). Efecto del sistema de siembra en acolchado plástico sobre el rendimiento de hortalizas. *Avances en Ciencias e Ingenierías, 15*(2), 1-12. https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/3290

Vargas, A., et al. (2018). Soil moisture and yield relationship in common bean (Phaseolus vulgaris L.) under rainfed conditions in the Andes. *Agronomy for Sustainable Development, 38*(1), 1-12. https://doi.org/10.1007/s13593-018-0517-x

Vera Alcívar, Álvaro Mauricio. (2016). Efecto de la densidad de siembra en las características agronómicas, fitosanitarias y productivas en el cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en el cantón Buena Fe 2016. Quevedo. UTEQ. 87 p.

Villamar-Torres, R., Godoy-Montiel, L. A., Muñoz-Rengifo, J., Montes, S., Jazayeri, S. M., Maddela, N. R., … Garcés-Fiallos, F. (2018). Agronomic evaluation and web blight resilience of common bean genotypes in the littoral region of Ecuador. *African Journal of Biotechnology, 17*(10), 322–331. https://doi.org/10.5897/AJB2017.16323

Workneh, A., et al. (2012). The Effects of Plastic Mulch Systems on Soil Temperature and Moisture in Central Ontario. *Canadian Journal of Plant Science, 22*(3), 327–333. http//doi.org/10.21273/HORTTECH.25.2.162

Yang, X., Gao, H., Yan, C., Liu, Q., Zhen, L. & Qi, R. (2019). Exploring optimal soil mulching to enhance yield and water use efficiency in maize cropping in China: A meta-

analysis. *Agricultural Water Management, 225*, 105733. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105733

Zamukulu, P. M., Bagula, E., Mondo, J., Chuma, G. B., Safina, F. B., Cishesa, T. H., … Lubobo, A. (2023). Optimization of plant density and fertilizer application to improve biofortified common bean (Phaseolus vulgaris L.) yield on Nitisols of South-Kivu, Eastern D.R. Congo. *Heliyon, 9*(6), e17548. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17548

Zhang, Y., et al. (2023). Impact of Plastic Film Mulching on Soil Temperature and Moisture: A Meta-Analysis. Water, 16(7), 1033. https://doi.org/10.3390/w16071033

Zribi, W., Faci, J.M. y Aragüés, R. 2011. Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. Información Técnica Económica Agraria, VOL. 107 (2);148-162. https://www.researchgate.net/publication/267921237_Efectos_del_acolchado_sobre_la_humedad_temperatura_estructura_y_salinidad_de_suelos_agricola

ANEXOS

Anexo 1

Proyección de los costos de producción para una hectárea de fréjol arbustivo por tratamiento

Descripción	Unidad	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
COSTOS DIRECTOS									
Preparación de suelo									
Limpieza de restos	Jornal	40	40	40	40	40	40	0	0
Arado	Tractor	0	0	0	0	0	0	30	30
Surcado	Tractor	0	0	0	0	0	0	30	30
Manejo del cultivo									
Siembra	Jornal	110	110	110	110	100	100	100	100
Semilla fréjol	Kg	30	30	42	42	18	18	18	18
Deshierbe	Jornal	40	40	40	40	40	40	60	60
Riego gravedad	Jornal	0	0	0	0	0	0	40	40
Riego aspersión	jornal	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0
Raleo	jornal	40	40	50	50	40	40	40	40
Fertilizante foliar	ml	60	60	75	75	60	60	60	60
Insecticida (clorpyrifos)	ml	20	20	20	20	20	20	20	20
Insecticida (acefato)	gr	12	12	12	12	12	12	12	12
Mano de obra	Jornal	40	40	40	40	40	40	40	40
Fungicida (conazole)	ml	27	27	27	27	27	27	36	36
Cosecha									
Cosecha	Jornal	100	90	90	80	90	80	70	70
Flete	Unidad	70	70	70	70	70	70	70	70
Sacos	Unidad	12	11.7	11.6	9.3	11.3	10	4.2	4.3
COSTOS INDIRECTOS									
Plástico	Metros	375	375	375	375	375	375	0	0
Uso de suelo	ha	100	100	100	100	100	100	100	100
Aspersores-mangueras	Unidad	428	428	428	428	428	428	0	0
Total, costos directos e indirectos		**1504.2**	**1493.9**	**1530.8**	**1518.5**	**1471.5**	**1460.2**	**730.2**	**730.3**
Administración (%TCDI)	2%	30.1	29.9	30.6	30.4	29.4	29.2	14.6	14.6
Costo de oportunidad del capital (%)	6%	90.3	89.6	91.8	91.1	88.3	87.6	43.8	43.8
Total, costos fijos (USD)		**120.3**	**116.8**	**122.5**	**121.5**	**117.7**	**116.8**	**58.4**	**58.4**
Costo total (USD)		**1744.9**	**1730.2**	**1775.7**	**1761.5**	**1706.9**	**1693.8**	**847.0**	**847.1**
Rendimiento t ha^{-1}		5.4	5.3	5.2	4.2	5.1	4.5	2.1	1.9
Ingresos		2739.5	2933.3	2657.8	2327.8	2596.4	2488.9	1063.1	1066.7
Utilidad		994.7	1203.1	882.0	566.3	889.5	795.0	216.1	219.5
Costo-beneficio		1.6	1.7	1.5	1.3	1.5	1.5	1.3	1.3