



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE AGRONOMÍA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“EVALUAR EL EFECTO DEL SISTEMA DE SIEMBRA CON Y SIN MULCHING POLIMÉRICO NEGRO EN TRES VARIEDADES DE FRÉJOL (*PHASEOLUS VULGARIS L.*), A 3 REPETICIONES, EN EL CAMPUS SALACHE, 2025”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Agrónomo

Autor:

Cajas Caiza Christian Jesús

Tutor:

Jácome Mogro Emerson Javier

Co-Tutor

Rodríguez Ortega Diego Geovanny

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Cajas Caiza Christian Jesús con cédula de ciudadanía No. 1752629327, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUAR EL EFECTO DEL SISTEMA DE SIEMBRA CON Y SIN MULCHING POLIMÉRICO NEGRO EN TRES VARIEDADES DE FRÉJOL (*PHASEOLUS VULGARIS L.*), A 3 REPETICIONES, EN EL CAMPUS SALACHE, 2025”**, siendo el Ingeniero. Emerson Javier Jácome Mogro, Ph.D., Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 23 de febrero del 2026

Christian Jesús Cajas Caiza
C.C: 1752629327
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CAJAS CAIZA CHRISTIAN JESUS**, identificado con cédula de ciudadanía 1752629327 de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. – **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUAR EL EFECTO DEL SISTEMA DE SIEMBRA CON Y SIN MULCHING POLIMÉRICO NEGRO EN TRES VARIEDADES DE FRÉJOL (*PHASEOLUS VULGARIS L.*), A 3 REPETICIONES, EN EL CAMPUS SALACHE, 2025”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: abril 2022 - agosto 2022

Finalización de la carrera: octubre – marzo 2026

Tutor: Ing. Emerson Javier Jácome Mogro, Ph.D.

Tema: **“EVALUAR EL EFECTO DEL SISTEMA DE SIEMBRA CON Y SIN MULCHING POLIMÉRICO NEGRO EN TRES VARIEDADES DE FRÉJOL (*PHASEOLUS VULGARIS L.*), A 3 REPETICIONES, EN EL CAMPUS SALACHE, 2025”**,

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 23 días del mes de febrero del 2026.

Cajaz Caiza Christian Jesús
EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DE EL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título: **“EVALUAR EL EFECTO DEL SISTEMA DE SIEMBRA CON Y SIN MULCHING POLIMÉRICO NEGRO EN TRES VARIEDADES DE FRÉJOL (*phaseolus vulgaris L.*), A 3 REPETICIONES, EN EL CAMPUS SALACHE, 2025”**, de CAJAS CAIZA CHRISTIAN JESÚS, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 23 de febrero del 2026

Ing. Emerson Javier Jácome Mogro, Ph.D.

DOCENTE TUTOR

CC: 0501974703

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Cajas Caiza Christian Jesus, con el título de Proyecto de Investigación: **“EVALUAR EL EFECTO DEL SISTEMA DE SIEMBRA CON Y SIN MULCHING POLIMÉRICO NEGRO EN TRES VARIETADES DE FRÉJOL (*PHASEOLUS VULGARIS L.*), A 3 REPETICIONES, EN EL CAMPUS SALACHE, 2025”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 23 de febrero del 2026

Ing. Jorge Fabián Troya Sarzosa, Ph.D.

C.C: 0501645568

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Karina Paola Marín Quevedo, Mg.

C.C: 0502672934

LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. David Santiago Carrera Molina, Mg

C.C: 0502663180

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Primero que nada, deseo dar las gracias a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales y a la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme la oportunidad de estudiar en sus instalaciones y crear un ambiente académico donde pude culminar mi formación académica.

por compartir sus conocimientos y experiencias conmigo, así como por el respaldo incondicional que me dieron a lo largo de este proceso de investigación, pues han sido cruciales para llevar a cabo esta indagación. Deseo manifestar mi gratitud al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y, en particular, a la ingeniera Victoria López del programa de cereales.

Agradezco al ingeniero Emerson Javier Jácome Mogro, Ph.D., por su ayuda, orientación y dedicación, así como el tiempo y la paciencia que ha dedicado a este proceso investigativo, ya que han sido esenciales para que esta investigación haya llegado a buen término.

Al encargado de mi proyecto relacionado con la ingeniera Mg. Karina Marín, quien me ha proporcionado su apoyo no solo en el éxito de esta investigación, sino también durante todo mi proceso de formación académica a lo largo de mi trayectoria universitaria.

A todos mis familiares por darme soporte financiero y moral, pero especialmente a mi madre María y a mi padre Edison, porque me han brindado amor y apoyo sin condiciones, además de todo el empeño que han puesto en mi trayectoria académica.

Cajas Caiza Christian Jesús

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación, en primer lugar, a Dios, quien me ha orientado durante todas las fases de mi vida; a Él le agradezco la fortaleza en tiempos difíciles y la sabiduría y esperanza al iniciar cada nuevo ciclo. A mi familia, por el apoyo y amor que me han otorgado a lo largo de todo mi proceso educativo; esta tesis es un reflejo de su cariño y respaldo incondicional.

A mi madre María, por respaldarme moralmente con sus consejos y no dejarme decaer en tiempos difíciles, a mi padre Edison por guiarme por el camino correcto a seguir; a mis hermanos, que son mi inspiración. Y a todos los individuos que me acompañaron y estuvieron presentes en este periodo de mi vida.

"¡Salud! Por los que apostaron por mí y por el camino que recorrimos juntos."

Cajas Caiza Christian Jesús

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUAR EL EFECTO DEL SISTEMA DE SIEMBRA CON Y SIN MULCHING POLIMÉRICO NEGRO EN TRES VARIEDADES DE FRÉJOL (*PHASEOLUS VULGARIS L.*), A 3 REPETICIONES, EN EL CAMPUS SALACHE, 2025”

Autor:
Cajas Caiza Christian Jesús

RESUMEN

El objetivo del proyecto de investigación fue evaluar el comportamiento agronómico y el rendimiento de tres variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) en sistemas con y sin mulching polimérico negro en el campus Salache, Universidad Técnica de Cotopaxi. La importancia del estudio radica en encontrar alternativas sostenibles para mejorar la productividad y manejar de forma eficiente los recursos hídricos y de suelo en condiciones altoandinas. El método empleado fue un diseño experimental de bloques completamente al azar con arreglo factorial 3x2 a 3 repeticiones, que comparó el método de producción con y sin mulching, y las tres variedades: INIAP-420 “Canario del Chota”, INIAP-484 “Centenario” e INIAP-425 “Blanco Fanesquero”. Se utilizaron técnicas de observación y medición para recopilar datos sobre variables morfológicas, componentes del rendimiento y control de malezas. La evaluación se realizó a lo largo del ciclo fenológico hasta la cosecha. Los resultados mostraron que el método con mulching polimérico negro mejoró significativamente todos los parámetros evaluados, logrando un incremento marcado en el rendimiento en grano seco y un control efectivo total de malezas. La variedad INIAP-420 “Canario del Chota” presentó el mejor comportamiento general bajo acolchado, destacándose por su alto rendimiento, el mayor número de semillas por vaina y la mejor calidad de grano (peso hectolítrico). La variedad INIAP-484 “Centenario” mostró el mayor número de vainas por planta, mientras que la INIAP-425 “Blanco Fanesquero” presentó el mayor crecimiento en altura, pero una mayor susceptibilidad al acame. Se concluye que el uso del mulching polimérico negro favorece significativamente el crecimiento, desarrollo y rendimiento del fréjol, siendo la variedad INIAP-420 “Canario del Chota” la más recomendable bajo este sistema para promover una producción más sostenible y productiva en la región.

Palabras clave: Mulching plástico, rendimiento, *Phaseolus vulgaris*, variedades INIAP, manejo sostenible.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “PLANTING SYSTEM EFFECT EVALUATION WITH AND WITHOUT BLACK POLYMERIC MULCHING ON THREE COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris L.*) VARIETIES, WITH THREE REPLICATIONS, AT THE SALACHE CAMPUS, 2025.”.

Author:

Cajas Caiza Christian Jesús

ABSTRACT

The objective of the research project was to evaluate the agronomic performance and yield of three common bean varieties (*Phaseolus vulgaris L.*) under production systems with and without black polymeric mulching at the Salache campus from Universidad Técnica de Cotopaxi. This study importance lies in identifying sustainable alternatives to improve productivity and to promote water and soil resources efficient management under high Andean conditions. A completely randomized block experimental design with a 3×2 factorial arrangement and three replications was employed, comparing production systems with and without mulching and the three varieties: INIAP-420 “Canario del Chota,” INIAP-484 “Centenario,” and INIAP-425 “Blanco Fanesquero.” Observation and measurement techniques were used to collect data on morphological variables, yield components, and weed control. The evaluation was conducted throughout the phenological cycle until harvest. The results showed that the black polymeric mulching system significantly improved all evaluated parameters, achieving a marked increase in dry grain yield and complete effective weed control. The variety INIAP-420 “Canario del Chota” exhibited the best overall performance under mulching, standing out for its high yield, the highest number of seeds per pod, and superior grain quality (hectoliter weight). The variety INIAP-484 “Centenario” recorded the highest number of pods per plant, whereas INIAP-425 “Blanco Fanesquero” showed the greatest plant height but greater susceptibility to lodging. Concluding that the black polymeric mulching significantly use enhances bean growth, development, and yield, with INIAP-420 “Canario del Chota” being the most recommended variety under this system to promote more sustainable and productive agriculture in the region.

Keywords: Plastic mulching, yield, *Phaseolus vulgaris*, INIAP varieties, sustainable management.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DE EL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
<i>AGRADECIMIENTO</i>	vii
<i>DEDICATORIA</i>	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xviii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xviii
1 INFORMACIÓN GENERAL	1
2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
3.1 Beneficiarios directos	3
3.2 Beneficiarios indirectos	4
4 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:	4
5 OBJETIVOS:	5
5.1 General	5
5.2 Específicos	6
6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	8
7.1 Origen y Domesticación	8
7.2 Importancia Nutricional y Socioeconómica	8
7.3.1 Brecha de Rendimientos y Factores Limitantes	8
7.3.2 Distribución Geográfica y Adaptación Agroecológica	9
7.3.3 Caracterización Edáfica del Área Experimental.	9

7.3.4	Integración de la Tecnología de Acolchado Plástico en los Sistemas Productivos	9
7.4	SISTEMA DE CLASIFICACION BOTANICA	9
7.4.1	Clasificación Taxonómica.....	9
7.5	ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE FRÉJOL	10
7.5.1	Proceso de Germinación.....	10
7.5.2	Emergencia de la Plántula	10
7.5.3	Fase de Prefloración	10
7.5.4	Floración.....	11
7.5.5	Formación y Crecimiento Inicial de las Vainas	11
7.5.6	Fase de Llenado de Granos	11
7.5.7	Maduración Fisiológica y Secado	11
7.6	REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDAFICOS	12
7.6.1	Rango Altitudinal Óptimo	12
7.6.2	Preferencias y Tolerancias Edáficas.....	12
7.6.3	Requerimientos Hídricos y Precipitación.....	12
7.6.4	Rango de pH del Suelo.....	13
7.7	FACTORES BIÓTICOS QUE AFECTAN EL CULTIVO DE FRÉJOL	13
7.7.1	Enfermedades Fúngicas Principales.....	13
7.7.2	Roya del fréjol (<i>Uromyces appendiculatus</i>).....	13
7.7.3	Antracnosis (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>).....	13
7.7.4	Mancha Foliar (<i>Phoma exigua</i>).....	14
7.7.5	Mancha Angular (<i>Phaeoisariopsis griseola</i>).....	14
7.8	FACTORES ABIÓTICOS QUE AFECTAN EL CULTIVO DE FRÉJOL	14
7.8.1	Factores climáticos.....	15
7.8.2	Factores de suelo.....	15
7.9	MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO.....	15
7.10	TIPOS DE ACOLCHADO Y SUS CARACTERÍSTICAS.....	16
7.10.1	Definición y Evolución del Acolchado	16
7.10.2	Tipos de Acolchado Plástico y sus Características Técnicas	17
7.11	VENTAJAS DEL ACOLCHADO PLÁSTICO.....	18
7.11.1	Control de Malezas.....	18
7.11.2	Regulación Térmica del Suelo	18

7.11.3	Reducción de Incidencia de Enfermedades.....	18
7.11.4	Conservación de la Humedad Edáfica	19
7.12	MÉTODOS DE PRODUCCIÓN COMPARADOS	19
7.12.1	Sistema con Acolchado Plástico	19
7.12.2	Sistema sin Acolchado Plástico.....	19
7.13	VARIABLES AGRONÓMICAS EVALUADAS	19
7.13.1	Días de Emergencia.....	19
7.13.2	Número de Vainas por Planta.....	20
7.13.3	Tiempo de Floración y Madurez	20
7.13.4	Características de la Semilla	20
7.13.5	Arquitectura de la Planta	20
7.13.6	Parámetros de Crecimiento	20
7.13.7	Rendimiento Final del Cultivo	21
7.14	VARIEDADES MEJORADAS POR EL INIAP	21
7.14.1	Variedad INIAP-420 "Canario del Chota"	21
7.14.2	Variedad INIAP-484 "Centenario"	22
7.14.3	Variedad INIAP-425 "Blanco Fanesquero"	24
8	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	25
8.1	Hipótesis Nula (H_0)	25
8.2	Hipótesis Alternativa (H_1).....	25
9	METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	25
9.1	Área de estudio.....	25
9.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	26
9.2.1	Experimental	26
9.2.2	Cuantitativa	27
9.2.3	Cualitativa	27
9.3	ESPECIFICACIONES DEL CAMPO EXPERIMENTAL	27
9.3.1	Diseño Experimental	27
9.3.2	Variables.....	28
9.4	FACTORES EN ESTUDIO	30
9.4.1	Variedades de fréjol	30
9.4.2	Sistemas de siembra	30

9.4.3	Parámetros de evaluación agronómica	30
9.4.4	Condiciones ambientales	30
9.4.5	Diseño de tratamientos y réplicas.....	31
9.5	Distribución del ensayo en campo	32
9.6	Distribución de la parcela experimental de acuerdo con las unidades experimentales.....	32
9.7	Especificaciones del Campo experimental.....	34
9.8	MATERIALES Y MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	34
9.8.1	Observación directa en campo	34
9.8.2	Selección del sistema de acolchado	34
9.8.3	Sistema de registro de datos	34
9.8.4	Procesamiento estadístico	35
9.8.5	Análisis de varianza (ANOVA)	35
9.8.6	Prueba de comparación de medias (Tukey)	35
9.8.7	Prueba de comparación de medias.	35
9.8.8	Variables y métodos de evaluación.	35
9.9	IMPLEMENTACIÓN DEL EXPERIMENTO-Objetivo Específico 1	35
9.9.1	Preparación del área experimental	35
9.9.2	Instalación de tratamientos de sistemas de siembra	36
9.9.3	Siembra y establecimiento del cultivo	36
9.9.4	Manejo del cultivo.....	36
9.10	EVALUACIÓN DE VARIABLES (RENDIMIENTO) - Objetivo Específico 2	36
9.10.1	Monitoreo y evaluación de variables	36
9.10.2	Toma de datos	36
9.10.3	Cosecha y trilla.....	37
9.11	PARÁMETROS EVALUADOS.....	37
9.11.1	Días a emergencia	37
9.11.2	Días a floración	37
9.11.3	Vigor de planta	37
9.11.4	Altura de planta	37
9.11.5	Número de vainas por planta.....	37
9.11.6	Número de semillas por vaina	38
9.11.7	Días a cosecha	38

9.11.8	Incidencia de malezas.....	38
9.11.9	Porcentaje de acame	38
9.11.10	Rendimiento	38
9.11.11	Peso hectolítrico	38
10	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
10.1	DÍAS DE EMERGENCIA	39
10.1.1	Pruebas de tukey al 5% para la variable días a emergencia.	39
10.1.2	Análisis gráfico de Días a emergencia	40
10.2	DÍAS A FLORACIÓN.....	42
10.2.1	Pruebas de tukey al 5% para la variable días a la floración por los 2 sistemas de siembra 42	
10.2.2	Análisis gráfico de Días a la floración.	43
10.3	CRECIMIENTO VEGETATIVO (Vigor de Planta)	45
10.3.1	Pruebas de Tukey al 5% para crecimiento vegetativo por sistema de siembra.....	46
10.3.2	Análisis gráfico del crecimiento vegetativo	47
10.4	ALTURA DE LAS PLANTAS.....	48
10.4.1	Pruebas de tukey al 5% para la altura de planta según sistema x días	49
10.4.2	Análisis gráfico de las alturas de las plantas.	51
10.5	NUMERO DE VAINAS POR PLANTA.....	53
10.5.1	Pruebas de tukey al 5% para el numero de vainas por planta	53
10.5.2	Análisis gráfico del número de vainas por planta	54
10.6	NUMERO DE SEMILLAS POR VAINA	56
10.6.1	Pruebas de tukey al 5% para el numero de semillas por vaina	57
10.6.2	Análisis gráfico del número de semillas por vaina	58
10.7	DIAS A LA COSECHA (Primera cosecha).....	60
10.7.1	Pruebas de tukey al 5% para la variable días a la primera cosecha.	61
10.7.2	Análisis gráfico de días a cosecha.	62
10.8	DIAS A LA COSECHA (Segunda cosecha).....	64
10.8.1	Pruebas de tukey al 5% para la variable días a la segunda cosecha.....	64
10.8.2	Análisis gráfico de días a cosecha.	65
10.9	INCIDENCIA DE MALEZAS	67
10.9.1	Pruebas de tukey al 5% para la variable incidencia de malezas.....	68
10.9.2	Análisis gráfico de incidencia de malezas.....	69

10.10	PORCENTAJE DE ACAME	70
10.10.1	Análisis gráfico de porcentaje de acame	70
10.11	RENDIMIENTO EN GRANO SECO	72
10.11.1	Pruebas de tukey al 5% para la variable rendimiento en grano seco	73
10.11.2	Análisis gráfico de rendimiento	74
10.12	RENDIMIENTO EN GRANO SECO CON VAINAS.....	76
10.12.1	Pruebas de tukey al 5% para la variable rendimiento en grano seco con vainas ...	76
10.13	PESO HECTOLÍTRICO (CALIDAD DE SEMILLA).....	79
10.13.1	Pruebas de tukey al 5% para el peso Hectolítrico	79
10.13.2	Análisis gráfico del peso Hectolítrico	81
11	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	82
12	PRESUPUESTO DEL PROYECTO	83
13	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
14	RECOMENDACIONES	85
15	BIBLIOGRAFÍA.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados	6
Tabla 2	Clasificación Taxonómica.....	9
Tabla 3	Prácticas de Manejo Agronómico del Cultivo de Fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	15
Tabla 4	Tipos de Acolchado Plástico y sus Características Técnicas	17
Tabla 5	Características importantes de la variedad INIAP-420 “Canario del Chota”	21
Tabla 6	Composición Nutricional de la Variedad INIAP-420 “Canario del Chota”	22
Tabla 7	Parámetros de Siembra y Manejo de la Variedad INIAP-420 “Canario del Chota”	22
Tabla 8	Características Agronómicas de la Variedad INIAP-484 “Centenario”	22
Tabla 9	Composición Nutricional de la Variedad INIAP-484 “Centenario”	23
Tabla 10	Composición Nutricional de la Variedad INIAP-484 “Centenario”	23
Tabla 11	Características Agronómicas y de Rendimiento de la variedad INIAP-425 “Blanco Fanesquero”	24
Tabla 12	Calidad Nutricional (base seca) de la variedad INIAP-425 “Blanco Fanesquero”	24
Tabla 13	Manejo del cultivo de la variedad INIAP-425 “Blanco Fanesquero”	24
Tabla 14	Características del área de estudio	25
Tabla 15	Cuadro de tratamientos	27
Tabla 16	Variables independientes y dependientes.....	28
Tabla 17	Tratamientos.....	31
Tabla 18	Esquema del adeva.....	31

Tabla 19 Análisis de varianza para los días a emergencia en tres variedades de fréjol bajo dos sistemas de siembra.....	39
Tabla 20 Prueba de Tukey al 5% para días a emergencia por sistema de siembra.....	39
Tabla 21 Prueba de Tukey al 5% para la variable días a emergencia en variedad.....	40
Tabla 22 Anova para la variable de los días a la floración en el método de acolchado plástico y el método testigo en las tres variedades de fréjol INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero".....	42
Tabla 23 Comparación de medias para sistema de siembra.....	42
Tabla 24 Prueba de Tukey al 5% para la variable días a floración en variedad.....	43
Tabla 25 Análisis de varianza para el crecimiento vegetativo (vigor de planta) en el sistema con mulching polimérico negro y testigo sin mulching en las tres variedades de fréjol.....	45
Tabla 26 Prueba de Tukey al 5% para crecimiento vegetativo por sistema de siembra.....	46
Tabla 27 Prueba de Tukey al 5% para crecimiento vegetativo por variedad.....	46
Tabla 28 Análisis de varianza para la variable altura de las plantas en tres variedades de fréjol bajo dos sistemas de siembra (con y sin mulching polimérico negro).....	48
Tabla 29 Prueba de Tukey al 5% para altura de planta por sistema x días.....	49
Tabla 30 Prueba de Tukey al 5% para altura de planta por variedad x días.....	50
Tabla 31 Prueba de Tukey al 5% para altura de planta por sistema x variedad.....	50
Tabla 32 Anova para el numero de vainas por planta en el método de acolchado plástico y el método testigo en las tres variedades de fréjol INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero".....	53
Tabla 33 Prueba de Tukey al 5% para el número de vainas por planta por sistema de siembra....	53
Tabla 34 Prueba de Tukey al 5% para el número de vainas por planta por variedad.....	54
Tabla 35 Anova para el numero de semillas por vaina en el método de acolchado plástico y el método testigo en las tres variedades de fréjol INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero".....	56
Tabla 36 Prueba de Tukey al 5% para el número de semillas por vaina en sistemas de siembra..	57
Tabla 37 Prueba de Tukey al 5% para el número de semillas por vaina en 3 variedades.....	58
Tabla 38 Anova para los días a la cosecha en el método de acolchado plástico y el método sin acolchado en las tres variedades de fréjol INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero".....	60
Tabla 39 Prueba de Tukey al 5% para días a la primera cosecha por sistema de siembra.....	61
Tabla 40 Prueba de Tukey al 5% para días a la primera cosecha por variedad.....	61
Tabla 41 Anova para los días a la cosecha en el método de acolchado plástico y el método sin acolchado en las tres variedades de fréjol INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero".....	64
Tabla 42 Prueba de Tukey al 5% para días a la segunda cosecha por sistema de siembra.....	64
Tabla 43 Prueba de Tukey al 5% para días a la segunda cosecha por variedad.....	65
Tabla 44 Análisis de varianza para el porcentaje de incidencia de malezas en tres variedades de fréjol bajo el sistema tradicional (sin acolchado).....	67
Tabla 45 Prueba de Tukey al 5% para incidencia de malezas por variedad.....	68
Tabla 46 Prueba T para muestras independientes.....	70
Tabla 47 Porcentaje promedio de acame por variedad.....	70

Tabla 48 Análisis de varianza para la variable de rendimiento en el método de acolchado plástico y el método testigo en las tres variedades de fréjol INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero".	72
Tabla 49 Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento en grano seco por sistema de siembra.	73
Tabla 50 Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento en grano seco en las 3 variedades.	73
Tabla 51 Interpretación del rendimiento	75
Tabla 52 Análisis del peso total con vainas por sistema de siembra.	76
Tabla 53 Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento en grano seco en los 2 sistemas de siembra.	76
Tabla 54 Análisis del peso total con vainas por variedades.	77
Tabla 55 Análisis de varianza para el peso hectolítrico en el método de acolchado plástico y el método sin acolchado en las tres variedades de fréjol INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero".	79
Tabla 56 Prueba de Tukey al 5% para el peso hectolitrico por sistema de siembra	79
Tabla 57 Prueba de Tukey al 5% para peso hectolítrico por variedad.	80
Tabla 58 Presupuesto del proyecto.	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Distribución de la parcela experimental en campo	32
Ilustración 2 Distribución de la parcela experimental de acuerdo con las unidades experimentales	32
Ilustración 3 Dimensiones de cada método de producción	33

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Días a emergencia en los métodos de producción de acolchado plástico y testigo sin acolchado plástico	40
Gráfica 2 Días a emergencia en las variedades INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero"	41
Gráfica 3 Días a la floración en los sistemas de siembra de acolchado plástico y sin acolchado plástico	43
Gráfica 4 Días a la floración en las variedades INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero"	44
Gráfica 5 Crecimiento vegetativo en sistemas de acolchado plástico y sin acolchado.	47
Gráfica 6 Crecimiento vegetativo por variedad	48
Gráfica 7 Altura de planta en sistemas de acolchado plástico y sin acolchado plástico.	51
Gráfica 8 Altura de planta de variedad x días	51
Gráfica 9 Altura de planta de sistema de siembra x variedad	52
Gráfica 10 Numero de vainas por planta en sistemas de acolchado plástico y sin acolchado.	54

Gráfica 11 Numero de vainas por planta en las 3 variedades	55
Gráfica 12 Numero de semillas por vaina en sistemas de acolchado plástico y sin acolchado.	58
Gráfica 13 Numero de semillas por vaina en las 3 variedades.....	59
Gráfica 14 Días a la primera cosecha en sistemas de acolchado plástico y sin acolchado.	62
Gráfica 15 Días a la primera cosecha en las 3 variedades	63
Gráfica 16 Días a la segunda cosecha en sistemas de acolchado plástico y sin acolchado.	65
Gráfica 17 Días a la segunda cosecha en las 3 variedades.....	66
Gráfica 18 Porcentaje de incidencia de malezas en las tres variedades de fréjol (sistema sin acolchado).	69
Gráfica 19 Porcentaje de acame por sistema de siembra.	70
Gráfica 20 Porcentaje de acame por variedad.	71
Gráfica 21 Rendimiento en grano seco (g/parcela) en sistemas de acolchado plástico y sin acolchado.....	74
Gráfica 22 Rendimiento en grano seco (g/parcela) en las 3 variedades.....	75
Gráfica 23 Peso promedio con vainas por sistema de siembra.	77
Gráfica 24 Peso promedio con vainas por variedad.	78
Gráfica 25 Peso hectolítrico promedio por sistema de siembra.	81
Gráfica 26 Peso hectolítrico promedio por variedad.....	82

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“EVALUAR EL EFECTO DEL SISTEMA DE SIEMBRA CON Y SIN MULCHING POLIMÉRICO NEGRO EN TRES VARIEDADES DE FRÉJOL (*PHASEOLUS VULGARIS L.*), A 3 REPETICIONES, EN EL CAMPUS SALACHE, 2025”

Fecha de inicio:

Febrero 2025

Fecha de finalización:

Enero 2026

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache.

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)- La Estación Experimental Santa Catalina.

Carrera que auspicia:

Carrera de Agronomía.

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Karina Paola Marín Quevedo, Mg.

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Emerson Javier Jácome Mogro, Ph.D.

Cotutor: Ing. Diego Geovanny Rodríguez Ortega

Lector 1: Ing. Troya Sarzosa Jorge Fabián, Ph.D.

Lector 2: Ing. Karina Paola Marín Quevedo, Mg.

Lector 3: Ing. David Santiago Carrera Molina, Mg.

Coordinador del Proyecto:

Nombre/s: Christian Jesús Cajas Caiza

Teléfonos: 0994343924

Correo electrónico: christian.cajas9327@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Agricultura – Agricultura, Silvicultura y Pesca – Producción Agropecuarias

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales.

Línea de vinculación de la carrera:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología, y gestión para el desarrollo humano y social.

Convenio:

Fortalecimiento de las capacidades de áreas productivas de la zona 3 – Convenio interinstitucional INIAP (Vigente)

2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la región de América Latina, el fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) juega un papel importante en la seguridad alimentaria debido a su elevado contenido de proteínas y nutrientes (Dumas Verduga, 2022). Sin embargo, los agricultores pequeños en los Andes enfrentan limitaciones en su productividad, con rendimientos que a menudo no superan las 1.5 t/ha (Holguín Caicedo, 2015). Según (Diaz Quilca, 2021), esto revela una brecha tecnológica que excede al comparar la

producción real con el potencial genético de las semillas mejoradas. Por eso, es esencial implementar en Cotopaxi métodos agronómicos que sean efectivos y accesibles para mejorar estas cifras.

Esta limitación se explica a través de un estudio que señalan factores importantes que influyen en el cultivo de fréjol en la sierra. La investigación que realizó (Rojas Mestanza, 2019) dice que la falta de agua en momentos clave del crecimiento, la competencia de malas hierbas y el uso de métodos de manejo tradicionales impiden alcanzar el máximo potencial del cultivo. En respuesta a esta situación, el uso de acolchado polimérico negro se presenta como una solución tecnológica efectiva, mostrando que puede conservar la humedad, disminuir la cantidad de malezas y elevar el rendimiento en las condiciones andinas, según (Cando Changoluisa, 2025).

Por esta razón, esta investigación se llevará a cabo analizando cómo el sistema de siembra con y sin mulching polimérico negro y su influencia en el rendimiento en las 3 variedades de frejol. Este estudio proporcionará pruebas sobre cómo responde el cultivo en altitudes, lo que contribuirá al conocimiento agronómico local y a la toma de decisiones técnicas basadas en información sólida.

Los agricultores de Cotopaxi podrán contar con tecnología que hará incrementar la productividad y rentabilidad, mejorando sus condiciones de vida. Instituciones u organizaciones como el INIAP y el MAG contarán de información validada para programas de transferencia tecnológica, lo que ayudará a fortalecer el desarrollo agrícola en la región mediante mejores prácticas agrícolas que sean responsables con el medio ambiente.

El proyecto logrará prácticas agrícolas sostenibles que mejoraran el uso del agua y disminuyen el uso de herbicidas. Esto se relaciona con los principios de Protección del Medio ambiente y apoya la seguridad alimentaria, ya que potenciara un cultivo clave para la alimentación en el área de influencia de la universidad.

3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1 Beneficiarios directos

Los principales beneficiarios de la siguiente investigación son la Universidad Técnica de Cotopaxi y El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)- Estación Experimental Santa Catalina.

3.2 Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos producto de esta investigación, son todos los productores de la sierra ecuatoriana.

4 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

El cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) constituye una base fundamental para la seguridad alimentaria y la economía de numerosas familias de pequeños y medianos agricultores en la zona interandina de Ecuador. Sin embargo, esta actividad agrícola presenta una situación problemática compleja y multifacética que restringe considerablemente su capacidad productiva. Los promedios de rendimiento a escala nacional permanecen en niveles preocupantemente bajos en condiciones de monocultivo (Fabian & Janeth, 2023), siendo inferior a las posibilidades genéticas de los materiales mejorados.

Los componentes que definen esta problemática de bajo rendimiento son estrés hídrico durante etapas fenológicas, y principios técnicos vinculados con el manejo eficaz de recursos. Las bajas precipitaciones, sumada a la ausencia de sistemas de riego apropiados, provoca situaciones de estrés hídrico particularmente durante la floración y el llenado de granos (Ayala & Santiago, 2018), la significativa presencia de malezas representa otro factor limitante importante, agua y radiación solar, elevando considerablemente los costos de producción a través de la necesidad de frecuentes deshierbes manuales (Michelle Flores, 2018).

Estudios previos han registrado experiencias favorables con la implementación de acolchado plástico en diferentes cultivos, demostrando su potencial para modificar positivamente las condiciones de desarrollo. Investigaciones especializadas señalan que esta tecnología puede mantener la humedad del suelo al disminuir la evaporación, controlar eficazmente el desarrollo de malezas y estabilizar la temperatura del suelo (Caiza et al., 2024).

Existe un vacío informativo considerable respecto al comportamiento particular de las variedades de fréjol arbustivo INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero" bajo este sistema, especialmente en las condiciones agroclimáticas específicas del Campus Salache. La ausencia de evidencia local sobre la interacción complementaria entre estos materiales genéticos mejorados y la tecnología de acolchado plástico representa un obstáculo significativo para su implementación generalizada entre los agricultores del sector.

El panorama actual demuestra que los productores de Cotopaxi siguen empleando mayoritariamente métodos de producción convencionales que no optimizan el aprovechamiento de los recursos disponibles. Esta realidad los mantiene en un ciclo de rendimientos limitados y alta susceptibilidad ante la variabilidad climática, restringiendo su potencial para mejorar sus condiciones económicas y aportar efectivamente a la seguridad alimentaria local. La falta de información validada regionalmente sobre tecnologías innovadoras como el acolchado plástico, adaptada a las variedades específicas de fréjol cultivadas en la zona, perpetúa esta condición de estancamiento productivo (Zambrano et al., 2022).

La pertinencia de abordar esta problemática supera el ámbito técnico para situarse en dimensiones económicas, ambientales y sociales de gran relevancia. Desde el punto de vista técnico, resulta prioritario generar conocimiento aplicable sobre la interrelación entre materiales genéticos mejorados y tecnologías de manejo innovadoras. Económicamente, la identificación de combinaciones variedad-tecnología más eficaces puede aumentar considerablemente la rentabilidad del cultivo mediante mejores rendimientos y menores gastos en control de malezas. Ambientalmente, el aprovechamiento eficiente del agua y la reducción en la aplicación de herbicidas contribuyen a la sostenibilidad de los sistemas productivos. Socialmente, al incrementar la productividad del fréjol se consolida la seguridad alimentaria local y la estabilidad económica de las familias agricultoras, aspectos particularmente significativos en el contexto actual de cambio climático y crisis alimentarias mundiales.

5 OBJETIVOS:

5.1 General

- Evaluar el efecto del sistema de siembra con y sin mulching polimérico negro sobre el comportamiento agronómico de tres variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) INIAP 484

Centenario, INIAP 420 Canario del Chota e INIAP 425 Fanesquero, bajo un diseño experimental con tres repeticiones en el Campus Salache, durante el año 2025.

5.2 Específicos

- Identificar el sistema de siembra (con y sin mulching polimérico negro) y la variedad de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) con mejor comportamiento agronómico bajo las condiciones del Campus Salache.
- Evaluar la influencia del mulching polimérico negro sobre el rendimiento del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo las condiciones del Campus Salache.

6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1 Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Identificar el sistema de siembra (con y sin mulching polimérico negro) y la variedad de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con	Evaluación de incidencia de malezas por sistema de siembra	Evaluación visual del porcentaje de siembra de malezas por parcela, registrando % de incidencia para cada tratamiento (Cuenca Ll. & Minchala G., 1987).	Datos de control de malezas registrados “Incidencia de malezas” para cada sistema
	Evaluación de resistencia al acame por sistema de siembra	Conteo directo en campo del porcentaje de plantas volcadas por parcela al momento de cosecha, calculando % respecto al total de plantas (Baque Jaime, 2014).	Datos de estabilidad de planta por sistema de siembra registradas “Acame”
	Evaluación de vigor vegetativo por sistema de siembra	Escala 1–9 evaluada en 15 plantas por tratamiento (1=mínimo, 9=máximo vigor) (Canacuán Lechón, 2019).	Puntuaciones de vigor vegetativo documentadas por tratamiento

mejor comportamiento agronómico bajo las condiciones del Campus Salache.	Evaluación de días a la cosecha por sistema de siembra	Conteo de días desde siembra hasta cada una de las cosechas sucesivas, registrado por tratamiento (Galarza Baque & Jami Caluña, 2023).	Datos fenológicos de madurez por sistema registradas en base de datos
	Evaluación de crecimiento vegetativo	Medición de altura cada 15 días en 15 plantas por variedad (Tamayo Romero, 2011).	Registros de altura de planta tomados periódicamente durante el ciclo
	Evaluación de precocidad	Conteo de días desde siembra hasta emergencia, floración y cosecha (Cevallos Vallejos, 2016).	Datos fenológicos de floración y madurez documentados
	Análisis estadístico comparativo	Aplicación de ANOVA para comparar promedios de los parámetros agronómicos entre sistemas con y sin mulching (Gomez & Gomez, 1984).	Análisis de varianza realizado para determinar significancia estadística
OBJETIVO ESPECÍFICO 2	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Evaluar la influencia del mulching polimérico negro sobre el rendimiento del cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo las condiciones del Campus Salache.	Evaluación de rendimiento por sistema de siembra	Pesaje total de vainas por parcela en 5 cosechas sucesivas para evaluación de rendimiento en leguminosas (Canacuán Lechón, 2019).	Datos de rendimiento obtenidos por sistema de siembra
	Evaluación de componentes de rendimiento	Conteo de vainas/planta, semillas/vaina y peso/vaina (Orbea Troncoso, 2013).	Parámetros de rendimiento medidos y registrados sistemáticamente
	Evaluación de peso hectolítrico por variedad	Pesaje de semillas usando envase en balanza analítica INIAP	Medidas de peso hectolítrico registradas para evaluación de calidad

	Análisis estadístico comparativo	Aplicación de ANOVA para comparar promedios de las variables productivas entre sistemas con y sin mulching (Gomez & Gomez, 1984).	Análisis de varianza realizado para determinar significancia estadística
--	----------------------------------	---	--

Realizado por: (Christian Cajas, 2025)

7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 Origen y Domesticación

Una de las leguminosas de grano cultivadas en América más antiguas es el fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.). Debido a varias pruebas arqueobotánicas, el proceso de domesticación comenzó hace unos 8.000 años en dos centros de origen autónomos: la zona andina de América del Sur (Perú, Ecuador and Bolivia) y la región mesoamericana (México y Centroamérica)(Vinces Granda, 2020). La domesticación de (*Phaseolus vulgaris* L.) se registró en dos áreas, lo que resultó en la aparición de dos principales acervos genéticos: el mesoamericano y el andino (López Córdova, 2019).

7.2 Importancia Nutricional y Socioeconómica

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa comestible que tiene un alto valor nutricional, ya que aporta carbohidratos, proteínas, minerales imprescindibles y fibra. Por esta razón, representa un alimento fundamental para la seguridad alimentaria, sobre todo en los países en vías de desarrollo donde es una fuente accesible de proteína vegetal (Chamorro Pozo, 2024). En Ecuador, los sistemas de producción de pequeños agricultores que producen fréjol para el mercado interno y el autoconsumo lo consideran un elemento crucial (Lascano Manzo, 2011).

7.3.1 Brecha de Rendimientos y Factores Limitantes

En Ecuador, el cultivo de fréjol es una parte significativa de pequeños campesinos, con un enfoque en el autoconsumo y en la venta en el mercado interior. En la zona andina y en Ecuador, el rendimiento del fréjol del cultivo familiar es más bajo que el potencial de las variedades mejoradas, lo que es normal en los sistemas tradicionales de producción (R. N. G. Guamán et al., 2020). La diferencia de productividad que se ha notado puede explicarse por elementos como el uso de semillas no certificadas, la alta incidencia de plagas y enfermedades, las prácticas agronómicas

inapropiadas, la escasa fertilidad del suelo y los efectos negativos de la variabilidad climática, estrés ambiental. (R. N. G. Guamán et al., 2020).

7.3.2 Distribución Geográfica y Adaptación Agroecológica

El cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) está presente en la mayoría del corredor interandino de Ecuador, pero se enfoca sobre todo en los valles de las provincias montañosas, como Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Azuay, Cañar, Bolívar y Loja. En estas provincias tiene una gran relevancia a nivel alimentario (Galarza Baque & Jami Caluña, 2023). En la provincia de Cotopaxi en zonas como Salache es reconocida como una región productiva, la cual tiene un clima templado y frío que favorece el desarrollo fenológico óptimo de las plantas, así como suelos volcánicos (Herrera Toapanta, 2022).

7.3.3 Caracterización Edáfica del Área Experimental.

Los suelos del campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi tienen características físico-químicas que se han estudiado usando métodos básicos de laboratorio, como son los niveles medidos de pH, materia orgánica y nutrientes (N, K, Na y Ca). Se puede examinar este perfil edáfico para establecer tecnologías relacionadas con el manejo agronómico en cultivos como (*Phaseolus vulgaris* L) (Arcos Granja, 2024).

7.3.4 Integración de la Tecnología de Acolchado Plástico en los Sistemas Productivos

El acolchado plástico negro, crea un ambiente de tipo edáfico que posibilita la instauración de densidades poblacionales altas sin ocasionar una competencia intraespecífica dañina (Cando Changoluisa, 2025). Esto se produce porque el acolchado suprime de manera eficaz el crecimiento de las malezas, lo que elimina una fuente clave de competencia por agua, nutrientes y radiación solar. Al mantener una humedad del suelo constante y estable, así como aumentar la temperatura del suelo (Acosta Villacis, 2022).

7.4 SISTEMA DE CLASIFICACION BOTANICA

7.4.1 Clasificación Taxonómica.

Tabla 2 Clasificación Taxonómica

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

Fuente: (Carrera, Karina Alexandra, 2021).

7.5 ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE FRÉJOL

7.5.1 *Proceso de Germinación*

La siembra es el primer paso de esta etapa, y consiste en colocar la semilla en un entorno edáfico apropiado. La semilla necesita una cantidad mínima de humedad para iniciar el proceso, lo cual se logra después del primer riego o cuando llueve al principio en los sistemas (Olaya Leon, 2021). El acolchado de plástico ayuda a esta fase, ya que mejora la estabilidad térmica y la conservación de la humedad del suelo, lo que favorece una germinación más rápida y uniforme (Jama & Alvia, 2025).

7.5.2 *Emergencia de la Plántula*

Inicia cuando los cotiledones de la plántula emergen al nivel del suelo. Cuando cerca del 50% de la población pronosticada tiene cotiledones visibles, el hipocótilo se erectan y sigue alargándose hasta llegar a su crecimiento máximo; cuando ya está totalmente erguido, los cotiledones quedan por encima de la superficie terrestre, empiezan a distanciarse y se nota el desarrollo del epicotilo, ahí el cultivo ha llegado a esta etapa (Tabango Méndez, 2021).

7.5.3 *Fase de Prefloración*

La fase de prefloración comienza cuando la planta presenta los primeros botones florales o racimos incipientes. En las variedades de hábito de crecimiento determinado, estos botones florales se

desarrollan principalmente en los nudos superiores del tallo fundamental o de las ramas. (Díaz, 2021).

7.5.4 Floración

Cuando la planta muestra su primera flor totalmente abierta, que corresponde al botón floral primario, comienza el periodo de floración. En las variedades de hábito determinado, la floración por lo general empieza en el nudo terminal del tallo mayor o las ramas y se desplaza hacia abajo. Por otro lado, en las variedades de hábito indeterminado, la floración normalmente empieza en los nudos basales del tallo y avanza hacia arriba. El patrón de floración en las ramas es parecido al que se encuentra en el tallo (Erazo Escobar, 2011).

7.5.5 Formación y Crecimiento Inicial de las Vainas

Cuando la corola de la flor fecundada se cae o queda colgando, se puede observar la formación de vainas en fréjol común; esto indica que el fruto comienza a desarrollarse. En los genotipos de hábito de crecimiento determinado, las vainas iniciales se encuentran en los nudos más altos del tallo principal y de las ramas. Las vainas que aparecen después van surgiendo poco a poco hacia la parte baja de la planta. En los primeros días después de la floración, es crucial para determinar el posible número de semillas por vaina y la producción final del cultivo (García, 2022).

7.5.6 Fase de Llenado de Granos

El crecimiento efectivo de las semillas dentro de las vainas comienza durante esta etapa. Cuando se examinan las vainas por los lados o por las suturas, se observan protuberancias que corresponden el crecimiento de las semillas. La vaina y la semilla se desarrollan de manera secuencial, comenzando con fases tempranas de división celular y crecimiento lento, que van evolucionando hacia una etapa en la que se acumulan reservas para aumentar el peso de los granos. Esto indica un aumento significativo de la masa seca a lo largo del llenado de grano y vaina. Los granos llegan a su peso más alto aproximadamente entre los 30 y 35 días después de la floración (Díaz Quilca, 2021).

7.5.7 Maduración Fisiológica y Secado

El comienzo del proceso de secado y el cambio de color de las vainas con características propias de la fase de maduración fisiológica. Se estima que esta etapa comienza cuando alrededor del 50

% de las plantas muestra vainas con manifestaciones evidentes de decoloración. En este período, se produce un amarillamiento en las hojas, que es seguido por la pérdida de hojas y la deshidratación progresiva de los órganos vegetativos y reproductivos. Conforme las vainas se van secando, la pigmentación característica se pierde y el nivel de humedad de las semillas se reduce gradualmente hasta llegar a valores del 14-15%. Es en este punto cuando los granos adquieren su color final (Murillo Mejillón, 2023).

7.6 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDAFICOS

7.6.1 Rango Altitudinal Óptimo

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) muestra una gran habilidad para adaptarse a diferentes pisos altitudinales, ya que es capaz de crecer desde aproximadamente los 800 hasta los 2 800 metros sobre el nivel del mar. n. m., en función del genotipo y de las condiciones medioambientales locales. Para las variedades mejoradas que se destinan al grano seco, el rango de altitud ideal suele estar entre los 1.400 y 2.400 metros sobre el nivel del mar. n. m., en la que se observan temperaturas moderadas y una disponibilidad de agua apropiada (Cornelio Chimborazo, 2015).

7.6.2 Preferencias y Tolerancias Edáficas

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) tiene su óptimo desarrollo en terrenos con un buen drenaje, una estructura granular y una textura entre franco y franco-limosa; estas condiciones permiten la aireación, la infiltración del agua y el crecimiento de las raíces. Fuera del rango de pH ideal, que va de 5.5 a 7.5, disminuye la eficacia de la fijación biológica de nitrógeno y la disponibilidad de nutrientes. Para el crecimiento de cultivos y la formación del grano en sistemas productivos de la región andina, es esencial que aumente el contenido de materia orgánica por encima del 3 %; esto favorece la actividad microbiana, la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes (Bejarano López & Méndez Cevallos, 2011).

7.6.3 Requerimientos Hídricos y Precipitación

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) necesita un riego moderado; se estima que su demanda total de agua oscila entre 300 y 500 mm, bien repartidos a lo largo de las fases vegetativa y reproductiva. El déficit de agua durante períodos importantes como la floración y el llenado de vainas tiene un

impacto negativo en el cuajado y en el rendimiento del cultivo, mientras que una humedad excesiva puede propiciar problemas fitosanitarios (Olaya Leon, 2021).

7.6.4 Rango de pH del Suelo

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) crece mejor en suelos con un pH apenas ácido o neutro, normalmente 6.0 y 7.0, donde hay más disponibilidad de nutrientes fundamentales como el calcio, el fósforo y el magnesio. El cultivo es algo tolerante a las condiciones de acidez moderada y puede desarrollarse adecuadamente sobre suelos con un pH que varía entre 4.5 y 5.5, siempre que no haya limitaciones severas por aluminio intercambiable o carencias nutricionales, situaciones comunes en los terrenos andinos (Zamora Cevallos, 2014).

7.7 FACTORES BIÓTICOS QUE AFECTAN EL CULTIVO DE FRÉJOL

7.7.1 Enfermedades Fúngicas Principales

Las más importantes infecciones por hongos que afectan la producción del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en las áreas de cultivo son la mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), la roya (*Uromyces appendiculatus*) y la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*). Estas entidades patógenas tienen un impacto mayormente en el follaje y en las estructuras reproductivas, lo que conlleva una reducción de la superficie fotosintética, la defoliación temprana y una caída en la calidad del grano y su rendimiento (Peralta I. et al., 2007).

7.7.2 Roya del fréjol (*Uromyces appendiculatus*)

La roya del fréjol (*Uromyces appendiculatus*) es una enfermedad de hongos que se encuentra en todo el mundo y que constituye uno de los mayores obstáculos para la producción de *Phaseolus vulgaris* L. Su desarrollo epidemiológico se beneficia de períodos largos con temperaturas moderadas y humedad alta, situaciones que favorecen la germinación de urediniosporas e infectan el tejido foliar. Los primeros signos de la enfermedad comprenden diminutas pústulas pulverulentas en el haz y el envés de las hojas, con un hue marrón rojizo, que pueden estar rodeadas por halos cloróticos (Centeno & Alexander, 2021).

7.7.3 Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*)

La antracnosis del fréjol (*Colletotrichum lindemuthianum*) es una de las dolencias fúngicas más relevantes en el mundo para el fréjol tiene el potencial de impactar al cultivo durante todas sus fases fenológicas, desde la plántula hasta la madurez. El patógeno tiene la capacidad de invadir los tejidos foliares, los tallos y las vainas. Sus condiciones ideales son temperaturas moderadas y humedad alta, que facilitan que las esporas germinen y la infección avance. La gravedad de la enfermedad depende de cómo interactúan las cepas de *C. lindemuthianum* (Rodríguez Ortega et al., 2018).

7.7.4 Mancha Foliar (*Phoma exigua*)

El padecimiento de la mancha foliar del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) está vinculado con especies del género *Phoma*. La sintomatología inicial se distingue por la presencia de manchas necróticas que son de color marrón oscuro o pardo, tienen una forma irregular o angular y se encuentran en el limbo foliar. A medida que la enfermedad se desarrolla, las lesiones pueden fusionarse, lo que causa zonas amplias de tejido muerto y una disminución gradual del área que realiza fotosíntesis (Peralta I. et al., 2007).

7.7.5 Mancha Angular (*Phaeoisariopsis griseola*)

La mancha angular del fréjol se desarrolla de manera óptima bajo condiciones de temperaturas templadas, entre 18 y 25 °C, y alta humedad relativa. En el envés de las hojas aparecen los síntomas iniciales, que son diminutas lesiones acuosas y con un tono gris, las cuales se vuelven de color marrón oscuro poco a poco. Al estar limitadas por las nervaduras secundarias del limbo foliar, estas lesiones presentan una forma angular distintiva y están visibles más tarde en el haz de la hoja (Rodríguez et al., 2019).

7.8 FACTORES ABIÓTICOS QUE AFECTAN EL CULTIVO DE FRÉJOL

Los factores ambientales (precipitaciones, estrés hídrico, temperatura) y factores de suelo (nutrientes en el suelo) son factores abióticos que afectan notablemente la productividad del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en las áreas agrícolas de Ecuador. La fisiología del cultivo se ve afectada por estas condiciones ambientales desfavorables, causando una reducción en el desarrollo de las raíces, la superficie foliar y el aborto de flores. En última instancia, esto resulta en un rendimiento más bajo y una calidad inferior del grano (Peralta I. et al., 2008).

7.8.1 Factores climáticos.

Los factores climáticos funcionan como un agente abiótico crucial que incrementa la fluctuación ambiental en las áreas productoras de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de Ecuador, modificando los modelos de precipitación y temperatura. Este fenómeno origina sequías duraderas que disminuyen la fotosíntesis y hacen abortar las flores, además de lluvias intensas que causan asfixia radicular y anegamiento. Todo esto aumenta la incertidumbre en el sector agrícola y reduce considerablemente el rendimiento de las cosechas (Tello Cabrera & Del Valle Diez, 2018).

7.8.2 Factores de suelo.

Las características físico-químicas del suelo y la carencia de nutrientes fundamentales son factores abióticos cruciales que restringen el rendimiento del fréjol en los sistemas agrícolas ecuatorianos. La escasez de nitrógeno, fósforo y potasio afecta los procesos metabólicos de la planta. Esto se observa en el crecimiento más lento, la reducción del número de vainas y la clorosis foliar, lo cual tiene un impacto negativo en la cantidad y calidad del grano. El pH extremo que impide la absorción de nutrientes y la salinidad que obstaculiza la absorción de agua contribuyen a crear condiciones desfavorables durante el ciclo de cultivo (Peralta I. et al., 2008).

7.9 MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

Tabla 3 Prácticas de Manejo Agronómico del Cultivo de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Práctica de Manejo	Descripción Técnica	Observación / Recomendación Agronómica
Preparación del Terreno	Un pase de arado a 25–30 cm de profundidad, seguido por dos pasadas de rastra para desmenuzar terrones y alisar el terreno, con el objetivo de establecer una cama de siembra pareja.	Fundamental para promover la germinación, el crecimiento de raíces y el inicio del cultivo. Una preparación apropiada optimiza la infiltración y la retención de humedad.
Selección y Tratamiento de Semilla	Uso de semillas certificadas que contengan por lo menos un 85% de capacidad germinativa. Para	Asegura un parado de plantas homogéneo, disminuye la probabilidad de padecer enfermedades que se propagan via

	controlar insectos y hongos del suelo.	las semillas y optimiza el vigor inicial del cultivo.
Época y Métodos de Siembra	Se aconseja sembrar durante septiembre a diciembre, utilizando una densidad de 90 a 110 kg/ha. Agujeros separados de 25 a 30 cm, surcos a una distancia de 60 a 70 cm, con un mínimo de tres y un máximo de cuatro semillas per agujero.	Durante los dos primeros meses, garantiza condiciones de humedad apropiadas y promueve una maduración homogénea con escasas precipitaciones al conclusion del ciclo.
Control de Malezas	Control manual a través de aporque y deshierbe. Control químico con herbicida Fomesafen (Flex) en postemergencia (a razón de 250 cc/ha) y Zeus (Imazetapir) en preemergencia (2 cc/L) para malezas de hoja ancha.	Disminuye la competencia por los recursos (nutrientes, luz, agua), lo cual es especialmente importante durante las fases iniciales de crecimiento. Además, el aporque contribuye al desarrollo de las raíces.
Manejo del Riego	El fréjol necesita de 400 a 500 mm de agua durante cada ciclo. Riego por surcos con una inclinación del 1-2%, un caudal medio y un alcance que no exceda los 20 metros. Se aconsejan de 10 a 13 riegos per ciclo, con énfasis en la floración y el llenado de vainas.	Evita el estrés de agua in fases fenológicas relevantes. El riego por surcos evita el exceso de humedad en el ambiente, lo cual propicia las enfermedades fúngicas.
Cosecha y Postcosecha	Cuando las plantas se han defoliado por completo, las vainas secas tienen un color amarillo y la humedad del grano oscila entre el 18% y el 20%, se cosecha a mano. La trilla puede hacerse a mano,	Si se cosecha en el momento correcto, la calidad del grano se mantiene, las pérdidas por dehiscencia disminuyen y el producto tiene la humedad apropiada para ser almacenado y comercializado.

Fuente: (Lépiz I. et al., 1996).

7.10 TIPOS DE ACOLCHADO Y SUS CARACTERÍSTICAS

7.10.1 Definición y Evolución del Acolchado

En regiones con una variabilidad climática significativa, el acolchado es una técnica agronómica que altera el microambiente del suelo y afecta directamente la eficiencia productiva, el crecimiento y el rendimiento de los cultivos. El acolchado es una tecnología esencial en los sistemas agrícolas modernos que buscan la sostenibilidad y el uso eficiente de los recursos. Su empleo remonta cuando comenzó la agricultura, ya que en ese momento cubrir el suelo con vegetación espontánea o residuos vegetales ayudaba a reducir la erosión, mantener la humedad y prevenir que las malezas surgieran (Almachi Quinatoa, 2024).

7.10.2 Tipos de Acolchado Plástico y sus Características Técnicas

Tabla 4 Tipos de Acolchado Plástico y sus Características Técnicas

Tipo de Acolchado	Descripción Técnica	Ventajas	Limitaciones / Consideraciones
Transparente	Película sin pigmento que incrementa la temperatura del suelo y reduce la evaporación de agua	Mayor calentamiento del suelo, ideal para épocas frías.	Permite el crecimiento de malezas bajo el plástico; requiere manejo complementario.
Oscuro (Negro)	Película pigmentada que bloquea la luz, controlando malezas y conservando humedad	Control eficaz de malezas, menor evaporación, calentamiento moderado del suelo.	Puede causar quemaduras en tejidos vegetales en contacto directo; riesgo de sobrecalentamiento en climas cálidos.
Bicolor	Lámina con dos colores (generalmente blanco/negro), diseñada para reflejar luz y moderar temperatura	Reduce estrés térmico, mejora la fotosíntesis, controla malezas de manera efectiva.	Costo más elevado; disponibilidad limitada en el mercado local.
Fotoselectivo	Película que filtra selectivamente longitudes de onda de luz para suprimir	Combina calentamiento del suelo con control	Tecnología especializada, requiere conocimiento técnico

malezas y regular temperatura natural de malezas sin herbicidas. para su elección y manejo.

Biodegradable	Material orgánico o polimérico que se descompone naturalmente en el suelo tras el ciclo del cultivo	Elimina residuos plásticos, reduce impacto ambiental, no requiere retiro postcosecha.	Vida útil limitada, velocidad de degradación variable según condiciones ambientales y del suelo.
---------------	---	---	--

Fuente: (Acosta Villacis, 2022; Taday-Valdez et al., 2024).

7.11 VENTAJAS DEL ACOLCHADO PLÁSTICO

7.11.1 *Control de Malezas*

El acolchado plástico negro funciona como un obstáculo físico que impide la transmisión de radiación fotosintéticamente activa (RFA) hacia el suelo. Esta exclusión de luz impide que germinen las semillas y que crezcan las malas hierbas, ya sean anuales o la mayoría de las perennes. Se reduce significativamente la necesidad de intervenciones químicas o manuales de control, lo cual baja los gastos relacionados con la mano de obra (Jama & Alvia, 2025).

7.11.2 *Regulación Térmica del Suelo*

El acolchado plástico altera de manera activa el régimen térmico del terreno. En el día, funciona como un transmisor de radiación solar, produciendo un efecto invernadero que aumenta la temperatura del suelo. Durante la noche, actúa como una barrera que disminuye la pérdida de calor por irradiación y atenúa el descenso de temperatura. Esta dinámica no solo resguarda las raíces de las bajas temperaturas nocturnas, sino que también fomenta un desarrollo vegetativo más rápido y una cosecha anticipada al crear un entorno radicular más cálido y estable (Zambrano et al., 2022).

7.11.3 *Reducción de Incidencia de Enfermedades*

El uso de acolchado plástico ayuda a disminuir la aparición de algunas enfermedades bacterianas y fúngicas en el cultivo. Este fenómeno se debe a que se cambia el microclima en la base de la planta, eso que genera un entorno con menos humedad y una temperatura más alta en la superficie del suelo. Estas condiciones son menos propicias para el crecimiento de varios patógenos (Zambrano et al., 2022).

7.11.4 Conservación de la Humedad Edáfica

El acolchado plástico disminuye la evaporación de la tierra, esto permite mantener la humedad disponible para las plantas, homogeneiza la cantidad de agua en el perfil del suelo, lo que reduce el estrés hídrico de las plantas. Esta cualidad es esencial en áreas donde el agua escasea o donde hay largos períodos de sequía (Zambrano et al., 2022).

7.12 MÉTODOS DE PRODUCCIÓN COMPARADOS

7.12.1 Sistema con Acolchado Plástico

El acolchado plástico es un método de cobertura del suelo que se utiliza con frecuencia en la horticultura, cuyo objetivo es proteger las raíces de las plantas de situaciones desfavorables, entre ellas el estrés por falta de agua, las temperaturas extremas y la competencia con las malas hierbas. El efecto se potencia con la utilización de plástico negro, porque este material retiene la radiación solar durante el día y eleva así la temperatura del suelo. Por la noche, este calor se mantiene; de esta manera, las oscilaciones térmicas que pueden obstaculizar el crecimiento de las raíces se atenúan (Jama & Alvia, 2025).

7.12.2 Sistema sin Acolchado Plástico

Se cultivó fréjol con un manejo convencional, utilizando el sistema de producción tradicional como control. La siembra se llevó a cabo manualmente in camas que medían 5 metros de largo y 1.0 metro de ancho, con una distancia entre las plantas de 30 cm. El manejo del cultivo implicó la realización de trabajos culturales típicos, como el aporque y el deshierbe manual, que se llevaron a cabo regularmente de acuerdo con el desarrollo fenológico. Esta metodología se utiliza como elemento de comparación para determinar cuán eficaz es agronómicamente el sistema con acolchado plástico (A. M. E. Guamán, 2019).

7.13 VARIABLES AGRONÓMICAS EVALUADAS

7.13.1 Días de Emergencia

El manejo de la emergencia del fréjol, que es una etapa crucial y muy sensible a las condiciones edafoclimáticas, establece el potencial inicial del cultivo. Con el fin de evaluar esta variable, se

tomó nota del número de días que pasaron desde la siembra hasta el instante en que la mitad de las plántulas sacó sus cotiledones por encima de la superficie del terreno (Flores Ortiz, 2023).

7.13.2 Número de Vainas por Planta

El rendimiento depende en gran medida de la cantidad de vainas por planta, porque este número define directamente el potencial de semillas que se pueden cosechar. Al mismo tiempo, el promedio de semillas per vaina es otro elemento importante, ya que un aumento en este indicador puede incrementar notablemente la producción total por unidad de superficie (Flores Ortiz, 2023).

7.13.3 Tiempo de Floración y Madurez

El ciclo biológico del cultivo está determinado por la cantidad de días desde que se siembra hasta que se producen las fases de floración y maduración fisiológica. Este parámetro fenológico es crucial para elegir las variedades, porque necesita adecuarse a los calendarios de siembra y a las ventanas climáticas ideales de cada región (Villalba Yáñez, 2017).

7.13.4 Características de la Semilla

La semilla de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) tiene una forma ovalada y la reniforme, con un área mayormente lisa. Generalmente, sus dimensiones van de 5 a 15 mm de largo, por lo que su tamaño es pequeño. En función del genotipo su color puede abarcar una extensa variedad de matices, desde blanco, crema hasta negro, marrón, púrpura y rojo. La parte exterior está cubierta por un epispermo o testa de textura dura (Tabango Méndez, 2021).

7.13.5 Arquitectura de la Planta

La estructura del fréjol, que puede ser indeterminada (rastrero o guía) o determinada (erecta), tiene un efecto directo en la densidad de siembra, la mecanización y la eficacia de la cosecha. El número de ramas primarias y secundarias define la estructura fotosintética y cómo se distribuyen los órganos reproductivos. Esto tiene un impacto importante en la cantidad de vainas por planta y, por lo tanto, en el rendimiento potencial (Lisseth, 2021).

7.13.6 Parámetros de Crecimiento

La altura de la planta, que es un indicador del crecimiento, afecta la simplicidad de su manejo y cosecha, además de la intercepción de luz solar; esta es una característica que frecuentemente se mide en investigaciones sobre el fréjol (Martínez Gaibor & Segovia Marmolejo, 2021).

7.13.7 Rendimiento Final del Cultivo

El rendimiento de grano del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), medido en kilogramos por hectárea ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), es el indicador más importante de la rentabilidad y productividad del cultivo, dado que combina la eficacia del sistema productivo y hace posible el análisis del impacto del genotipo, la fertilidad de la tierra, las prácticas fitosanitarias y las técnicas agronómicas implementadas (Díaz, 2021).

7.14 VARIEDADES MEJORADAS POR EL INIAP

7.14.1 Variedad INIAP-420 "Canario del Chota"

Se describe una variedad de fréjol de hábito de crecimiento determinado (arbustivo) y grano de gran tamaño, clasificado comercialmente como tipo "canario" por su color amarillo característico. Este genotipo presenta un nivel de resistencia intermedia a la roya (*Uromyces appendiculatus*) y ha demostrado una buena adaptación agroclimática en las condiciones del valle del Chota. Su grano, de calidad industrial apta para el proceso de enlatado, responde a una creciente demanda del mercado nacional. La combinación de su alta productividad potencial, resistencia a enfermedades y aceptación comercial ha favorecido su amplia adopción por parte de los agricultores de la zona ((Murillo I. et al., 2005).

Tabla 5 Características importantes de la variedad INIAP-420 "Canario del Chota"

Característica	Descripción / Valor
Hábito de crecimiento	Tipo 1 (arbustivo determinado)
Altura de planta	30–50 cm
Color de la flor	Rosada
Largo de la vaina	11–17 cm
Color del grano tierno	Blanco
Color del grano seco	Amarillo (canario)
Forma del grano	Ovalado
Tamaño del grano	Grande
Días a floración	48–55 días
Días a cosecha en verde	85–95 días
Días a cosecha en seco	100–110 días

N.º de vainas por planta	12–15
N.º de granos por vaina	3–5
Peso de 100 granos secos	52–62 g
Rendimiento (grano seco)	1206–2215 kg/ha
Adaptación altitudinal	1400–2400 m.s.n.m.

Fuente: (Murillo I. et al., 2005)

Tabla 6 Composición Nutricional de la Variedad INIAP-420 “Canario del Chota”

Componente Nutricional	Valor
Proteína	21.5%
Fibra	10.07%
Calcio (Ca)	0.21%
Fósforo (P)	0.48%
Hierro (Fe)	98 ppm
Zinc (Zn)	36 ppm

Fuente: (Murillo I. et al., 2005).

Tabla 7 Parámetros de Siembra y Manejo de la Variedad INIAP-420 “Canario del Chota”

Parámetro	Recomendación Técnica
Época de siembra	Febrero–marzo; septiembre–octubre
Cantidad de semilla por ha	100–110 kg
Distancia entre surcos	60 cm
Distancia entre sitios	25 cm
N.º de semillas por sitio	3
Fertilización	2–4 sacos de 18-46-00 (NPK) por hectárea

Fuente: (Murillo I. et al., 2005)

7.14.2 Variedad INIAP-484 “Centenario”

Es una variedad de fréjol de tipo arbustivo sin guía, de grano de color rojo con crema (moteado), de tamaño grande, de forma arriñonado. La variedad tiene resistencia a roya, mancha angular, antracnosis (algunas razas) y pudriciones de raíz. Es la segunda variedad de fréjol mejorada en INIAP con resistencia genética múltiple. Presenta buena adaptación en localidades de los valles de los ríos Chota y Mira y en Urcuquí. Tiene potencial de adaptación en otras áreas productoras de fréjol arbustivo de la sierra ecuatoriana (Murillo I. et al., 2012).

Tabla 8 Características Agronómicas de la Variedad INIAP-484 “Centenario”

Característica	Especificación
Hábito de crecimiento	Determinado tipo 1 (sin guía)

Altura de planta	45–50 cm
Color de la flor	Rosado pálido
Color del grano seco	Rojo moteado con crema
Tamaño del grano	Grande
Forma del grano	Arriñonado
Días a floración	42–45 dds
Largo de la vaina	12–14 cm
Días a cosecha en seco	90–110 dds
N.º de vainas por planta	8–23
N.º de granos por vaina	4–7
Peso hectolítrico	75 kg/hL
Peso de 100 granos secos	55–58 g
Rendimiento grano seco	2150 kg/ha (47.3 qq/ha)
Adaptación altitudinal	1400–2400 m.s.n.m.

Fuente: (Murillo I. et al., 2012)

Tabla 9 Composición Nutricional de la Variedad INIAP-484 “Centenario”

Componente Nutricional	Valor
Proteína	26.77%
Carbohidratos	63.67%
Fibra	4.79%
Grasa	1.06%
Calcio (Ca)	0.04%
Fósforo (P)	0.50%
Zinc (Zn)	30 ppm
Hierro (Fe)	52 ppm
Manganeso (Mn)	9 ppm
Cobre (Cu)	8 ppm

Fuente: (Murillo I. et al., 2012)

Tabla 10 Composición Nutricional de la Variedad INIAP-484 “Centenario”

Parámetro de Manejo	Especificación Técnica
Época de siembra	Febrero–marzo; agosto–septiembre
Cantidad de semilla por ha	90 kg
Distancia entre surcos	60 cm
Distancia entre sitios	30 cm
N.º de semillas por sitio	3
Fertilización	200 kg de 11-52-00 (N y P ₂ O ₅) ó 4–5 t de gallinaza por ha + 1 kg/ha de quelato de zinc en floración y llenado de vainas

Fuente: (Murillo I. et al., 2012)

7.14.3 Variedad INIAP-425 "Blanco Fanesquero"

Es una variedad de fréjol de tipo arbustivo sin guía, de grano de color blanco, de tamaño grande, de forma arriñonado. La variedad tiene resistencia a roya y antracnosis. Presenta buena adaptación en localidades de los valles de los ríos Chota y Mira y en Urcuquí. Tiene potencial de adaptación en otras áreas productoras de fréjol arbustivo de la sierra ecuatoriana (INIAP, 2001). Las variedades con resistencia genética a enfermedades como roya y antracnosis garantizan mejores rendimientos, calidad del producto e ingresos económicos a los productores (Murillo I. & Peralta I., 2002).

Tabla 11 Características Agronómicas y de Rendimiento de la variedad INIAP-425 "Blanco Fanesquero"

Característica	Descripción o Rango
Hábito de crecimiento	Tipo 1
Altura de planta	43 a 56 cm
Color de la flor	Blanca
Largo de la vaina	12 a 16 cm
Color del grano tierno	blanco
Color del grano seco	blanco
Forma del grano	arriñonado
Tamaño del grano	Grande
Días a floración	40 a 42
Días a cosecha en verde	75 a 85
Días a cosecha en seco	90 a 110
Número de vainas por planta	7 a 16
Número de granos por vaina	4 a 6
Peso de 100 granos secos	54 g
Peso de 100 granos tiernos	95 g
Adaptación (msnm)	1400 a 2400 m

Fuente: (Murillo I. et al., 2004).

Tabla 12 Calidad Nutricional (base seca) de la variedad INIAP-425 "Blanco Fanesquero"

Nutriente	Valor
Proteína	25%
Fibra	10,14 %
Calcio	0.21 %
Fósforo	0.58 %
Hierro	124 ppm
Zinc	40 ppm

Fuente: (Murillo I. et al., 2004).

Tabla 13 Manejo del cultivo de la variedad INIAP-425 "Blanco Fanesquero"

Aspecto del Manejo	Detalles
Época de siembra	Septiembre
Cantidad de semilla por ha	100 a 110 kg
Distancia entre surcos	60 cm
Distancia entre sitios	25 cm
Número de semillas por sitio	3
Fertilización	2 a 4 sacos de 18-46-00 por ha

Fuente: (Murillo I. et al., 2004).

8 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

8.1 Hipótesis Nula (H_0)

No existen diferencias estadísticamente significativas entre el sistema de siembra con y sin mulching polimérico negro en el comportamiento agronómico y el rendimiento del cultivo de tres variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) (INIAP-484 Centenario, INIAP-420 Canario del Chota e INIAP-425 Fanesquero), bajo las condiciones del Campus Salache.

8.2 Hipótesis Alternativa (H_1)

Existen diferencias estadísticamente significativas entre el sistema de siembra con y sin mulching polimérico negro en el comportamiento agronómico y el rendimiento del cultivo de tres variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) (INIAP-484 Centenario, INIAP-420 Canario del Chota e INIAP-425 Fanesquero), bajo las condiciones del Campus Salache.

9 METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1 Área de estudio

El presente estudio se realizó en la Universidad Técnica de Cotopaxi (Campus CEASA) Barrio Salache - Parroquia Eloy Alfaro - Cantón Latacunga - Provincia de Cotopaxi - zona 3, a una altitud de 2.750 msnm, con longitudes 78°37'16.1" Oeste y 00°59'57.4" Sur.

Tabla 14 Características del área de estudio

UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
-----------	-------------

PROVINCIA	Cotopaxi
CANTÓN	Latacunga
PARROQUIA	Eloy Alfaro
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
ALTITUD	2750 m.s.n.m
LONGITUD	-78.621141° (78° 37' 16.1" O)
LATITUD	-0.999263° (0° 59' 57.4" S)

Fuente: (Christian Cajas, 2025)

Figura 1. *Ubicación del área de estudio, desde Google Earth*



Fuente: (Google Earth)

9.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

9.2.1 *Experimental*

Este estudio es experimental porque se manipulan las variables independientes (variedades de fréjol y sistema de siembra con mulching polimérico negro) para medir su impacto en variables agronómicas dependientes, bajo condiciones controladas a través de un diseño estadístico. Según

(Galarza, 2021), un estudio experimental tiene como objetivo determinar las relaciones de causalidad entre variables mediante la asignación aleatoria de tratamientos y el control de factores externos. Este enfoque se corresponde con el diseño factorial en bloques completos al azar 3x2 que se utilizó en esta investigación.

9.2.2 Cuantitativa

Ya que se fundamenta en la medición numérica de variables agronómicas como el rendimiento (qq/ha), los componentes del rendimiento, la calidad de las semillas y los parámetros de crecimiento vegetativo, este estudio tiene un enfoque cuantitativo. La investigación es cuantitativa, el análisis estadístico de datos numéricos posibilita la generalización de resultados, lo que hace más fácil establecer patrones y comparar tratamientos de manera objetiva. Los datos de este proyecto se procesarán a través de análisis de varianza (ANOVA) y pruebas para comparar promedios, con un nivel de significancia $p \leq 0.05$. (Campos Bajaña, 2022).

9.2.3 Cualitativa

Resulta ser también cualitativo a través de escalas de valoración para variables como vigor de planta y salud vegetal, que luego se clasifican para su análisis cuantitativo posterior. De acuerdo con (Diaz Quilca, 2021), la incorporación de métodos mixtos en la agronomía mejora la interpretación de los resultados porque abarca elementos que no se pueden medir directamente.

9.3 ESPECIFICACIONES DEL CAMPO EXPERIMENTAL

9.3.1 Diseño Experimental

El diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial 3×2 se utilizó en la investigación. El primer factor está constituido por tres variedades de fréjol (INIAP-484 Centenario, INIAP-420 Canario del Chota e INIAP-425 Fanesquero) y el segundo factor consiste en dos métodos de siembra (con mulching polimérico negro y sin mulching). Este conjunto produce seis tratamientos que se reparten al azar en tres repeticiones, lo que suma 18 unidades experimentales. La parcela de experimentación, con una superficie de 23.2 m², tendrá en cuenta una densidad de siembra apropiada para las variedades arbustivas.

Tabla 15 Cuadro de tratamientos

Tratamiento	Variedad	Acolchado
--------------------	-----------------	------------------

Fanesquero_SinAcolchado	1	1
Fanesquero_ConAcolchado	1	2
Centenario_SinAcolchado	2	1
Centenario_ConAcolchado	2	2
CanarioChota_SinAcolchado	3	1
CanarioChota_ConAcolchado	3	2

Elaborado por: (Christian Cajas, 2025)

La selección de este diseño se basa sobre su aptitud para analizar, al mismo tiempo, los efectos principales de cada elemento y cómo interactúan, esto posibilita no solo conocer el impacto individual del sistema de siembra y la variedad, sino también descubrir combinaciones concretas que optimicen el rendimiento y la calidad de la cosecha (Alcivar Mora, 2016).

9.3.2 Variables

Tabla 16 Variables independientes y dependientes

Variables	Dimensiones	Indicadores	Índice (unidad de medida)	Técnica	Instrumentos
Variable independiente	Material genético	Variedad INIAP-484 Centenario	-	Asignación experimental	-
		Variedad INIAP-420 Canario del Chota	-	Asignación experimental	-
		Variedad INIAP-425 Fanesquero	-	Asignación experimental	-
	Sistema de cultivo	Acolchado polimérico negro	-	Aplicación técnica	-

		Sistema tradicional (Sin acolchado)	-	Manejo convencional	-
Variables dependientes	Rendimiento productivo	Rendimiento de grano	qq/ha	Pesaje total por parcela	Balanza analítica
		Peso de vainas	gramos	Pesaje muestral	Balanza de precisión
		Peso de grano seco	gramos	Pesaje después de secado	Balanza analítica
	Componentes de rendimiento	Número de vainas por planta	#	Conteo directo	Observación directa
		Número de granos por vaina	#	Conteo y medición	Observación directa
	Calidad de semilla	Peso hectolítrico	g/L	Pesaje volumétrico	Balanza y probeta
		Diámetro de semilla	mm	Medición de 10 semillas	Calibrador vernier
		Vigor de planta	Escala 1-9	Evaluación visual	Escala de Singh & Schwartz
	Crecimiento y desarrollo	Altura de planta	Cm	Medición cada 15 días	Regla/metro
		Días a emergencia	cm	Medición de días hasta emerger	Observación diaria.

	Días a floración	días	Conteo desde siembra	Observación directa
Estabilidad de planta	Porcentaje de acame	%	Conteo al momento de cosecha	Observación directa

Elaborado por: (Christian Cajas, 2025)

9.4 FACTORES EN ESTUDIO

9.4.1 *Variedades de fréjol*

Las tres variedades mejoradas de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) que se emplearon en la investigación, todas procedentes del Banco de Germoplasma del Programa de Leguminosas y Granos Andinos del INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), fueron: INIAP-420 'Canario del Chota', INIAP-484 'Centenario' e INIAP-425 'Blanco Fanesquero'. Estas variedades se escogieron debido a su capacidad de adaptarse a las condiciones agroclimáticas del área andina de Ecuador, así como representativas en los sistemas productivos de la provincia Cotopaxi.

9.4.2 *Sistemas de siembra*

Se evaluaron dos modos de siembra en el suelo: (1) con acolchado plástico negro y (2) sin acolchado plástico negro (manejo convencional). Siguiendo las sugerencias técnicas del INIAP para condiciones andinas, que contemplan el anclaje perimetral para impedir movimientos a causa del viento, se realizó la instalación de mulching antes de la siembra.

9.4.3 *Parámetros de evaluación agronómica*

La evaluación de los parámetros fenológicos, morfológicos y productivos que se encuentran en el manual de evaluación de leguminosas del INIAP servirá para determinar el comportamiento agronómico. Esto abarca factores como el crecimiento vegetativo, la evolución fenológica y los componentes de rendimiento y calidad de la semilla. Para asegurar que los datos sean reproducibles, se emplean escalas que están estandarizadas a nivel internacional.

9.4.4 *Condiciones ambientales*

El experimento se llevó a cabo en el Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi (3.234° S, 79.234° O, 2780 msnm), que se distingue por suelos andisoles con una textura franco-arcillosa y un ambiente frío templado. Las condiciones ambientales serán supervisadas a través de una estación meteorológica automática que se ubica en el lugar donde se experimenta.

9.4.5 *Diseño de tratamientos y réplicas*

Los factores variedad (3 niveles) y sistema de siembra (2 niveles) se combinan en un arreglo factorial completo, generando 6 tratamientos que se distribuirán aleatoriamente dentro de cada bloque. El diseño contempla 3 repeticiones por tratamiento, totalizando 18 unidades experimentales.

Tabla 17 *Tratamientos.*

Tratamiento	Variedad	Acolchado
Fanesquero_SinAcolchado	1	1
Fanesquero_ConAcolchado	1	2
Centenario_SinAcolchado	2	1
Centenario_ConAcolchado	2	2
CanarioChota_SinAcolchad	3	1
CanarioChota_ConAcolcha	3	2
Fanesquero_SinAcolchado	1	1
Fanesquero_ConAcolchado	1	2
Centenario_SinAcolchado	2	1
Centenario_ConAcolchado	2	2
CanarioChota_SinAcolchad	3	1
CanarioChota_ConAcolcha	3	2
Fanesquero_SinAcolchado	1	1
Fanesquero_ConAcolchado	1	2
Centenario_SinAcolchado	2	1
Centenario_ConAcolchado	2	2
CanarioChota_SinAcolchad	3	1
CanarioChota_ConAcolcha	3	2

Elaborado por: (Christian Cajas,2025)

Tabla 18.Esquema del adeva

F.V.	Gl
Sistema (S)	1

Variedad (V)	2
S × V	2
Repeticiones	2
Error	10
Total	17

9.5 Distribución del ensayo en campo

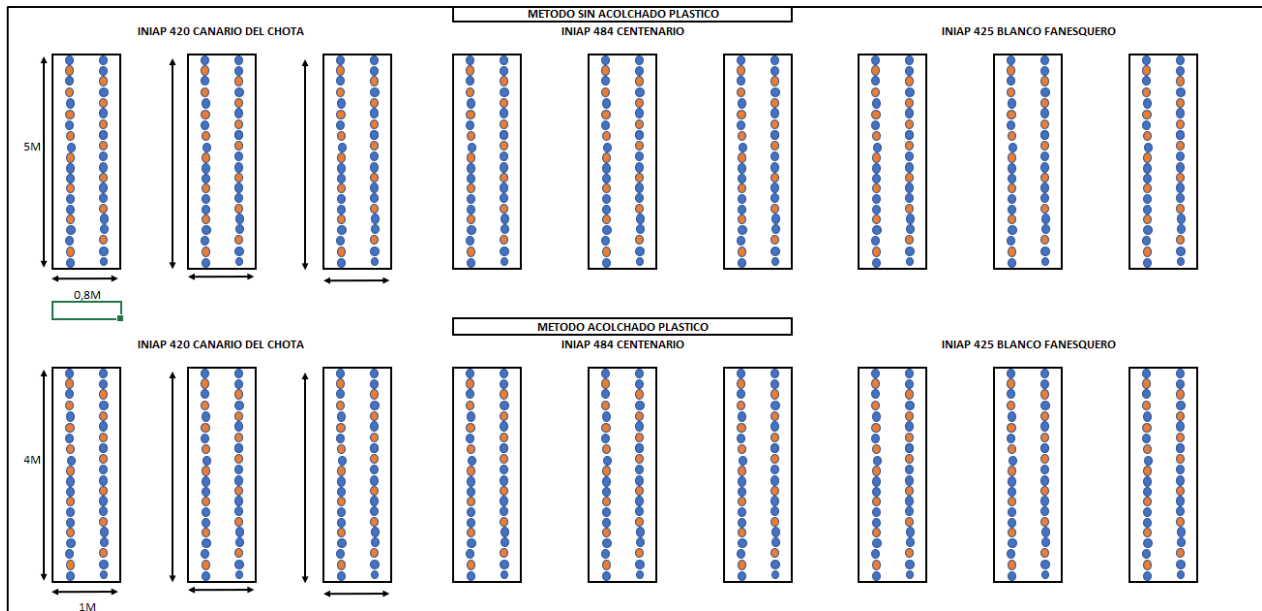
Ilustración 1 Distribución de la parcela experimental en campo

3 REP	106 SIN ACOLCHADO FANESQUERO	105 CON ACOLCHADO FANESQUERO	102 SIN ACOLCHADO CANARIO CHOTA	101 CON ACOLCHADO CANARIO CHOTA	103 CON ACOLCHADO CENTENARIO	104 SIN ACOLCHADO CENTENARIO
2 REP	104 SIN ACOLCHADO CENTENARIO	103 CON ACOLCHADO CENTENARIO	106 SIN ACOLCHADO FANESQUERO	105 CON ACOLCHADO FANESQUERO	102 SIN ACOLCHADO CANARIO CHOTA	101 CON ACOLCHADO CANARIO CHOTA
1 REP	101 CON ACOLCHADO CANARIO CHOTA	102 SIN ACOLCHADO CANARIO CHOTA	103 CON ACOLCHADO CENTENARIO	104 SIN ACOLCHADO CENTENARIO	105 CON ACOLCHADO FANESQUERO	106 SIN ACOLCHADO FANESQUERO

Elaborado por: (Christian Cajas, 2025)

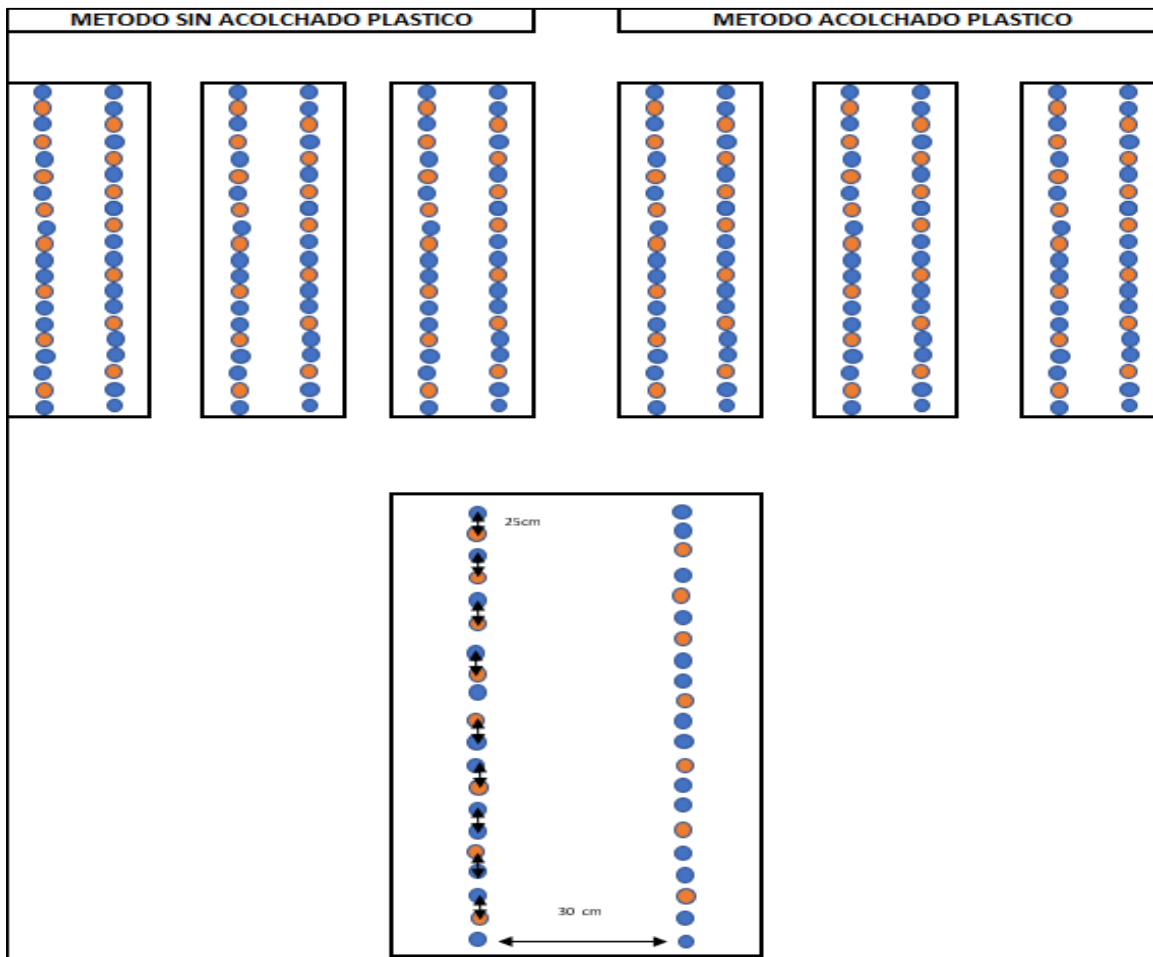
9.6 Distribución de la parcela experimental de acuerdo con las unidades experimentales

Ilustración 2 Distribución de la parcela experimental de acuerdo con las unidades experimentales



Elaborado por: (Christian Cajas, 2025)

Ilustración 3 Dimensiones de cada método de producción



Elaborado por: (Christian Cajas, 2025)

9.7 Especificaciones del Campo experimental

- Forma de parcela: Rectangular
- Número de camas del sistema de acolchado plástico: 9
- Número de camas del método testigo: 9
- Número total de camas: 18
- Largo de la platabanda del sistema de acolchado: 5 m
- Ancho de platabanda: 0,8 m
- Largo de platabanda del método testigo: 5 m
- Ancho de platabanda: 0,8 m
- Área de parcela total del sistema de acolchado plástico: $5\text{m} \times 0,8\text{m} = 4\text{ m}^2$
- Área de parcela total del método testigo: $5\text{m} \times 0,8\text{ m} = 4\text{ m}^2$
- Área de parcela neta: $12\text{m} \times 6\text{m} = 72\text{ m}^2$
- Área total de la parcela: 167m^2
- Número de unidades experimentales: 40 plantas por cama
- Número de plantas evaluadas por cama (muestra): 15 plantas
- Número total de plantas en experimento: $18 \times 40 = 720$ plantas
- Número total de plantas evaluadas: $18 \times 15 = 270$ plantas
- Densidad de siembra: sembrar manualmente de 2 a 3 semillas por sitio

9.8 MATERIALES Y MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

9.8.1 *Observación directa en campo*

Con visitas regulares al campo experimental, se llevó a cabo un monitoreo constante de la evolución del cultivo. Esto permitió la identificación precoz de alteraciones fitosanitarias y fenológicas en las tres variedades de fréjol cultivadas bajo los dos métodos de siembra.

9.8.2 *Selección del sistema de acolchado*

Se optó por el mulching polimérico negro para sembrar fréjol, con el objetivo de comparar y analizar la productividad y comportamiento agronómico de las tres variedades: INIAP-420 'Canario del Chota', INIAP-484 'Centenario' e INIAP-425 'Blanco Fanesquero' en el Campus Salache.

9.8.3 *Sistema de registro de datos*

La información producida se registró en bitácoras de campo diseñadas para este experimento y luego se digitalizó en matrices de Excel 365, lo que permitió la sistematización de las variables agronómicas analizadas.

9.8.4 *Procesamiento estadístico*

Se llevó a cabo un análisis estadístico con la información recopilada y obtenida en el campo. La información se gestionó en Excel y después se trabajó con InfoStat, un software que hizo posible el análisis estadístico para conseguir resultados organizados y exactos que posibilitaran la interpretación de los datos.

9.8.5 *Análisis de varianza (ANOVA)*

Para los experimentos agronómicos con diversos factores y repeticiones, se utilizó el análisis de varianza para un modelo factorial 3×2 en el diseño de bloques completos al azar, siguiendo la sugerencia de (Gomez & Gomez, 1984).

9.8.6 *Prueba de comparación de medias (Tukey)*

Se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey para encontrar diferencias significativas entre los tratamientos analizados, después de confirmar la presencia de diferencias estadísticas por medio del análisis de varianza. Esta prueba posibilitó la clasificación de las medias en categorías homogéneas, esto que hizo más fácil interpretar los resultados y comparar cómo los tratamientos y variedades influyeron en las variables examinadas, al tener un nivel de significancia ($\alpha = 0,05$).

9.8.7 *Prueba de comparación de medias.*

Se confeccionó el cuadro descriptivo con el propósito de sintetizar sintéticamente la información proveniente de datos cuantitativos. Estas tablas incluyen estadísticas descriptivas, como medidas de dispersión y de tendencia central (Levin et al., 2004).

9.8.8 *Variables y métodos de evaluación.*

De acuerdo con la investigación serán evaluadas las variables que se detallan en base a los objetivos.

9.9 IMPLEMENTACIÓN DEL EXPERIMENTO-Objetivo Específico 1

9.9.1 *Preparación del área experimental*

El terreno en el Campus Salache se sometió a labranza convencional con tractor y abono edáfico de fondo, seguido de dos pases de rastra para homogenización del suelo. Posteriormente se delimitó el área en 18 camas de 4 m² cada una, distribuidas aleatoriamente para los tratamientos.

9.9.2 Instalación de tratamientos de sistemas de siembra

Antes de sembrar, se recubrieron con mulching polimérico negro nueve camas; las otras nueve no lo tuvieron. La instalación del acolchado siguió el protocolo estandarizado del INIAP para cultivos andinos.

9.9.3 Siembra y establecimiento del cultivo

La siembra se realizó manualmente con densidad de 100,000 plantas/ha, distribuida en 40 plantas por cama (10 plantas/m²), utilizando 2-3 semillas por sitio.

9.9.4 Manejo del cultivo

El experimento se realizó en el periodo de lluvias en la región de Salache, por lo que el riego fue mínimo y esporádico. El control de malezas en parcelas testigo se realizó mediante deshierbe manual, mientras que en parcelas con mulching solo se eliminaron malezas periféricas.

9.10 EVALUACIÓN DE VARIABLES (RENDIMIENTO) - Objetivo Específico 2

9.10.1 Monitoreo y evaluación de variables

A través del proceso de desarrollo de las plantas y hasta llegar a la madurez (cosecha), se llevó a cabo el monitoreo y la evaluación de las variables. Se recolectaron datos considerando variables experimentales como peso de granos, peso hectolitrico, rendimiento, número de granos por vaina, entre otros establecidas por el INIAP. Todo esto tiene como propósito conseguir resultados exactos.

9.10.2 Toma de datos

Los datos fueron tomados de las 9 camas con acolchado y 9 camas testigo. Para evaluar las variables morfológicas y agronómicas, se eligieron al azar 15 plantas de cada cama, por variedad y tratamiento. Con el fin de garantizar una representación uniforme del área experimental y de evitar el efecto de borde (Gomez & Gomez, 1984), se llevó a cabo el muestreo tomando en cuenta cinco plantas per hilera in cada parcela, excluyendo de manera sistemática las plantas de los bordes.

9.10.3 Cosecha y trilla

Cuando las plantas llegaron a la madurez fisiológica y las vainas se tornaron de otro color, eso que indicaba el secado in campo, se realizó la cosecha a mano. En investigaciones sobre *Phaseolus vulgaris*, se aconseja efectuar la cosecha cuando la humedad del grano está alrededor del 20% para garantizar el rendimiento final y la calidad de la semilla. Más tarde, el grano se separó del material vegetal de las vainas a mano y se usó el peso seco per parcela para calcular la producción (Muasya, 2001).

9.11 PARÁMETROS EVALUADOS

9.11.1 Días a emergencia

Se determinó haciendo un conteo de los días desde la siembra hasta cuando el 50% de las plántulas mostraron los cotiledones totalmente extendidos sobre la superficie del suelo, llevando a cabo observaciones matutinas todos los días para registrar con exactitud este primer evento fenológico (Cevallos Vallejos, 2016).

9.11.2 Días a floración

Se calculó a partir de los días transcurridos desde la siembra hasta que el 80% de las plantas exhibieron como mínimo una flor abierta, mediante mediciones cada dos días para registrar con exactitud este periodo fenológico (Elías, 1991).

9.11.3 Vigor de planta

Se analizó el vigor vegetativo, tomando como referencia la estructura de la planta, el crecimiento vegetal en general y el área de las hojas, se empleó una escala visual de 1 a 9 (siendo el 1 el mínimo y el 9 el máximo vigor) que se evaluó en 15 plantas per tratamiento (Canacuán Lechón, 2019).

9.11.4 Altura de planta

En 15 plantas por parcela, se midió en centímetros desde el cuello de raíz (la base del suelo) hasta la parte apical del brote terminal, en su estado maduro fisiológicamente (Tamayo Romero, 2011).

9.11.5 Número de vainas por planta

Se contabilizaron, al momento de la cosecha, todas las vainas totalmente desarrolladas en las 15 plantas muestreadas per parcela (Orbea Troncoso, 2013).

9.11.6 Número de semillas por vaina

El número de semillas en diez vainas elegidas al azar por cada tratamiento muestreado se calculó manualmente.

9.11.7 Días a cosecha

Se registró el total de días que pasaron desde la siembra hasta que la mitad of las plantas llegaron a su madurez fisiológica (R9), lo cual se determinó por el color amarillo pálido de las vainas (Galarza Baque & Jami Caluña, 2023).

9.11.8 Incidencia de malezas

Se realizó una evaluación cada 15 días, hasta que el dosel se cerró, usando una escala visual de 0 a 5, donde 0 significa sin malezas y 5 significa cobertura total (>75%). El seguimiento se concentró sobre las parcelas control para medir la eficacia del mulching en el manejo de arvenses (Cuenca Ll. & Minchala G., 1987).

9.11.9 Porcentaje de acame

El porcentaje de acame se calculó en el momento de la cosecha, contando directamente las plantas con un ángulo superior a 45°. Se utilizó la prueba t para muestras independientes para el análisis estadístico de esta variable, con el objetivo de comparar cómo los sistemas de siembra afectan la estabilidad estructural del cultivo. Esto facilita la comparación de las variaciones en el comportamiento de las variedades bajo las condiciones analizadas (Baque Jaime, 2014).

9.11.10 Rendimiento

Después de trillado y de limpiar la semilla, se anotó el peso en gramos por parcela. Luego, se convirtió a kilos por planta y después a quintales por hectárea, tomando en cuenta el área neta de 4 m² por parcela (Canacuán Lechón, 2019).

9.11.11Peso hectolítrico

Se determinó mediante el método gravimétrico, llenando un recipiente estandarizado de 1 litro con grano y pesando su contenido, expresado en kg/hL según la fórmula: $PH = (\text{peso en kg} / 1 \text{ L}) \times 100$ dada por el INIAP.

10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1 DÍAS DE EMERGENCIA

Tabla 19 Análisis de varianza para los días a emergencia en tres variedades de fréjol bajo dos sistemas de siembra

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

CV=1,92%

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
SISTEMA	2	1	2	80	<0,0001
VARIEDAD	0,08	2	0,04	1,67	0,2373
S x V	0,08	2	0,04	1,67	0,2373
Error	0,25	10	0,03		
REP	0,08	2	0,04	1,67	0,2373
Total	2,5	17			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza (Tabla 19) evidenció diferencias altamente significativas para el efecto del sistema de siembra sobre los días a emergencia ($p < 0.0001$). En contraste, no se registraron diferencias significativas para el efecto de variedad ($p = 0.2373$), ni para la interacción sistema \times variedad ($p = 0.2373$). El coeficiente de variación de 1.82% refleja una excelente precisión experimental, mientras que el coeficiente de determinación ($R^2 = 0.90$) indica que el 90% de la variabilidad observada en los días a emergencia es explicada por los tratamientos evaluados.

10.1.1 Pruebas de tukey al 5% para la variable días a emergencia.

Tabla 20 Prueba de Tukey al 5% para días a emergencia por sistema de siembra

Sistema	Media (días)	Grupo
Sin mulch	8.33	A
Con mulch	9.00	B

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

En la Tabla 20 se evidencia que el sistema con mulching presenta una emergencia significativamente más tardía (9.00 días) comparado con el sistema sin mulching (8.33 días), demostrando una diferencia de 0.67 días en el tiempo requerido para la emergencia de las plántulas.

Tabla 21 Prueba de Tukey al 5% para la variable días a emergencia en variedad

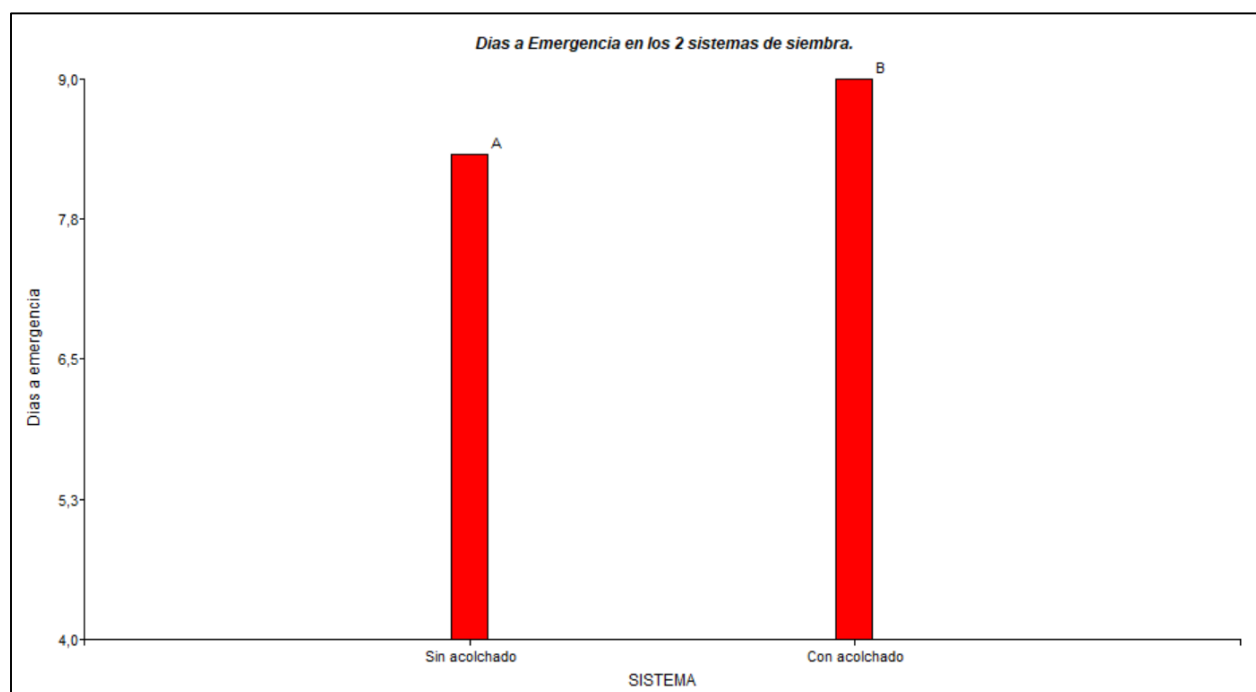
Variedad	Media (días)	Grupo
Canario Chota	8.58	A
Centenario	8.67	A
Fanesquero	8.75	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la Tabla 21 se observa que no existen diferencias significativas entre las variedades en cuanto al tiempo de emergencia, aunque el Fanesquero muestra valores ligeramente más altos (8.75 días) seguido por el Centenario (8.67 días) y el Canario del Chota (8.58 días).

10.1.2 Análisis gráfico de Días a emergencia

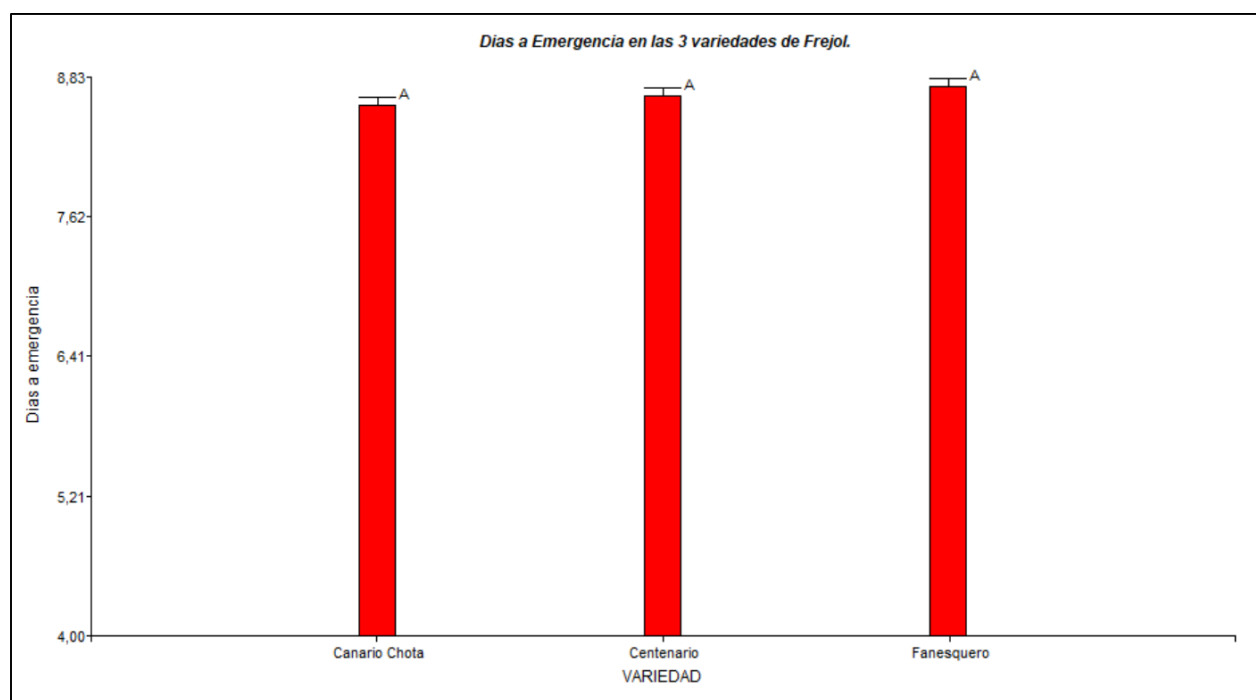
Gráfica 1 Días a emergencia en los métodos de producción de acolchado plástico y testigo sin acolchado plástico



Fuente: (InfoStat 2025)

En esta (Gráfica 1) observamos que el método de producción con acolchado plástico presentó una emergencia más tardía con 9.00 días, mientras que en el método testigo sin acolchado la emergencia ocurrió a los 8.33 días. Aunque estadísticamente significativa, esta diferencia de 0.67 días (8% de retraso) es considerada mínima desde el punto de vista agronómico. El retraso en la emergencia bajo mulching podría atribuirse a una menor temperatura del suelo inicialmente, ya que el plástico puede reflejar parte de la radiación solar, reduciendo el calentamiento superficial necesario para la germinación (Desta, 2021). Sin embargo, este ligero retraso inicial se compensa posteriormente con un mejor crecimiento vegetativo, como se evidenció en evaluaciones posteriores.

Gráfica 2 Días a emergencia en las variedades INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero"



Fuente: (InfoStat 2025)

En la presente (gráfica 2) observamos que la variedad INIAP-425 "Blanco Fanesquero" presentó la emergencia más tardía (8.75 días), seguida por INIAP-484 "Centenario" (8.67 días), mientras que INIAP-420 "Canario del Chota" mostró la emergencia más temprana (8.58 días). Aunque estadísticamente no existen diferencias significativas entre las variedades, se aprecia una tendencia de emergencia más rápida en el Canario del Chota. Estas diferencias mínimas en el tiempo de

emergencia reflejan la homogeneidad genética de los materiales mejorados en cuanto a características de germinación y establecimiento inicial (Murillo & Peralta, 2002).

10.2 DÍAS A FLORACIÓN

Tabla 22 Anova para la variable de los días a la floración en el método de acolchado plástico y el método testigo en las tres variedades de fréjol INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero".

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

CV=8,33%

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
VARIEDAD	21,78	2	10,89	0,26	0,7776
SISTEMA	6	1	6	0,14	0,714
S x V	13,77	2	6,89	0,16	0,8517
REPETICIÓN	15,44	2	7,72	0,18	0,8355
Error	422,12	10	42,21		
Total	479,11	17			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza (Tabla 22) muestra que el modelo estadístico no presentó diferencias significativas ($p = 0,9801$). Asimismo, no se observaron diferencias significativas para el efecto de repetición ($p = 0,8355$), variedad ($p = 0,7776$), sistema ($p = 0,7140$), ni para la interacción variedad \times sistema ($p = 0,8517$). Estos resultados indican que, bajo las condiciones experimentales del estudio, los factores evaluados no influyeron significativamente sobre la variable analizada.

10.2.1 Pruebas de tukey al 5% para la variable días a la floración por los 2 sistemas de siembra

Tabla 23 Comparación de medias para sistema de siembra

Sistema	Media (días)	Grupo
Con acolchado	59,33	A
Sin acolchado	60,22	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la tabla 23 se evidencia que el sistema con acolchado presentó un menor tiempo promedio para alcanzar los días a la floración, con 59,33 días, en comparación con el sistema sin acolchado, que registró un promedio de 60,22 días. La diferencia entre ambos sistemas fue de 0,89 días, lo que

indica que el uso de acolchado tendió a reducir ligeramente el tiempo requerido para la floración. No obstante, de acuerdo con la prueba de Tukey, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas ($p > 0,05$), ya que ambos tratamientos comparten la misma letra de agrupación.

Tabla 24 Prueba de Tukey al 5% para la variable días a floración en variedad

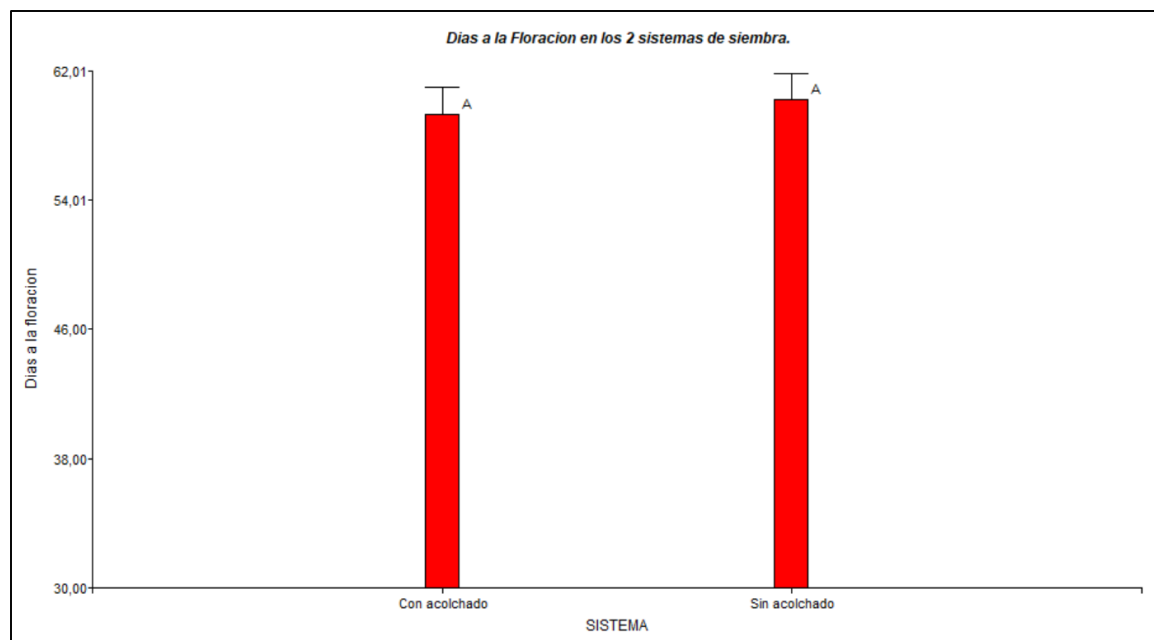
Variedad	Media (días)	Grupo
Canario Chota	57,67	A
Fanesquero	58,5	A
Centenario	63,17	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la tabla 24 se observa que la variedad Centenario presentó el mayor promedio de días a la floración, con 63,17 días, seguida de la variedad Fanesquero con 58,50 días y la variedad Canario Chota con 57,67 días. La diferencia entre la variedad con mayor y menor valor fue de 5,50 días, lo que evidencia una variación en el tiempo de floración entre las variedades evaluadas. No obstante, según la prueba de Tukey, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las variedades, ya que todas comparten la misma letra de agrupación ($p > 0,05$), indicando un comportamiento similar bajo las condiciones del estudio.

10.2.2 Análisis gráfico de Días a la floración.

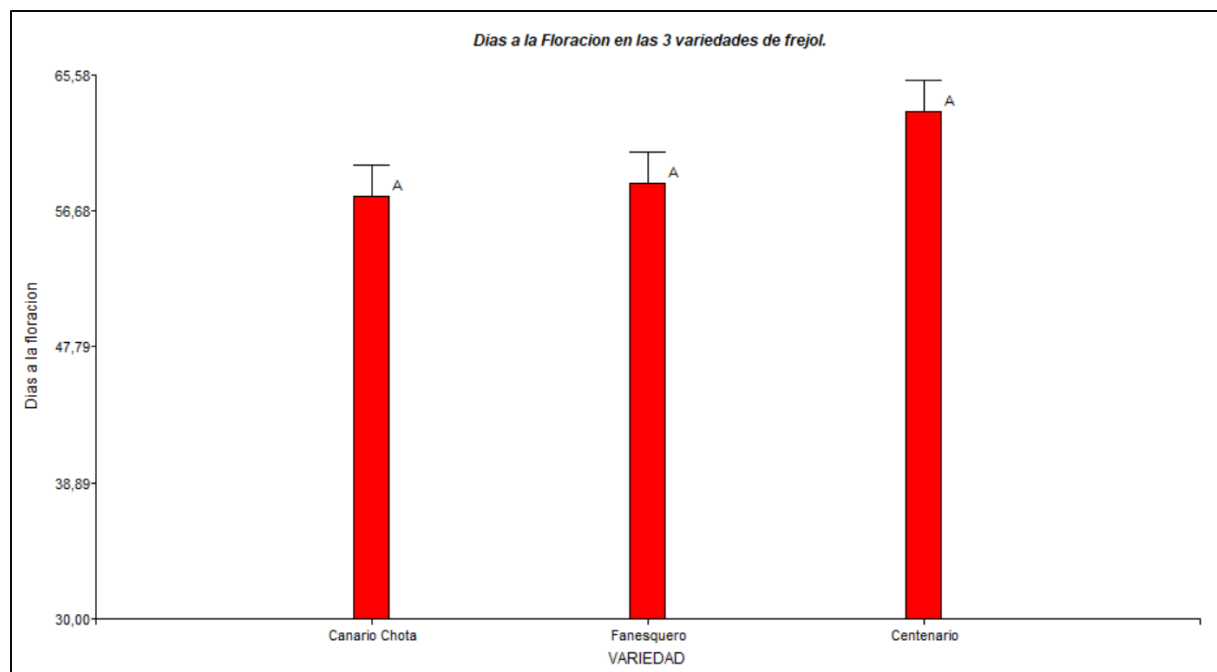
Gráfica 3 Días a la floración en los sistemas de siembra de acolchado plástico y sin acolchado plástico



Fuente: (InfoStat 2025)

En esta gráfica 3 se observa que el sistema con acolchado alcanzó la floración a los 59,33 días, mientras que el sistema sin acolchado lo hizo a los 60,22 días. Estos resultados evidencian una ligera reducción en el tiempo de floración cuando se emplea acolchado. Sin embargo, la variación observada puede estar influenciada por diversos factores que afectan las etapas fenológicas del fréjol, entre ellos las condiciones climáticas, la fertilidad del suelo, las características físicas del suelo, la disponibilidad hídrica, la luminosidad y el manejo agronómico. Asimismo, el genotipo, el hábito de crecimiento y la precocidad de cada variedad influyen en la duración del periodo hasta la floración, generando respuestas diferenciadas según las condiciones del entorno (Murillo y Peralta, 2002).

Gráfica 4 Días a la floración en las variedades INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero"



Fuente: (InfoStat 2025)

En esta gráfica 4 se aprecia que la variedad Centenario presentó el mayor número de días a la floración, con 63,17 días, mientras que las variedades Fanesquero y Canario Chota alcanzaron la floración a los 58,50 y 57,67 días, respectivamente. Estas diferencias reflejan el comportamiento fenológico propio de cada variedad, el cual puede verse influenciado por factores ambientales y genéticos. Variables como el clima, la fertilidad del suelo, la disponibilidad de agua, la luminosidad y las características genéticas propias de cada cultivar influyen directamente en la precocidad o tardanza del proceso de floración, determinando variaciones en la duración del ciclo fenológico del cultivo (Murillo y Peralta, 2002).

10.3 CRECIMIENTO VEGETATIVO (Vigor de Planta)

Tabla 25 Análisis de varianza para el crecimiento vegetativo (vigor de planta) en el sistema con mulching polimérico negro y testigo sin mulching en las tres variedades de fréjol.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

CV=9,51%

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Sistema	7,3	1	7,3	23,35	0,0007

Variedad	6,48	2	3,24	10,36	0,0037
Sistema × Variedad	0,28	2	0,14	0,45	0,6495
Repetición	1,74	2	0,87	2,78	0,1096
Error	3,13	10	0,31		
Total	18,94	17			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza para la variable vigor en la tabla 25 mostró que el modelo estadístico fue significativo ($p = 0,0030$), lo que indica que explicó adecuadamente la variabilidad observada en los datos. El coeficiente de determinación obtenido fue de $R^2 = 0,83$, con un R^2 ajustado de 0,72, lo cual evidencia un buen ajuste del modelo a los datos experimentales. Asimismo, el coeficiente de variación de 9,51% señala una precisión experimental aceptable para esta variable, reflejando una adecuada uniformidad en las mediciones realizadas.

10.3.1 Pruebas de Tukey al 5% para crecimiento vegetativo por sistema de siembra

Tabla 26 Prueba de Tukey al 5% para crecimiento vegetativo por sistema de siembra

Sistema	Media	Grupo
Sin acolchado	5,24	A
Con acolchado	6,52	B

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

La prueba de comparación de medias de Tukey de la tabla 26 evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de cultivo para la variable vigor. El sistema con acolchado presentó un vigor promedio superior, con un valor de 6,52, en comparación con el sistema sin acolchado, que registró un promedio de 5,24, diferenciándose en grupos estadísticos distintos. Este incremento representa aproximadamente un 24,4% más de vigor en el sistema con acolchado, lo que confirma el efecto positivo del uso de cobertura sobre el desarrollo vegetativo inicial del cultivo.

Tabla 27 Prueba de Tukey al 5% para crecimiento vegetativo por variedad

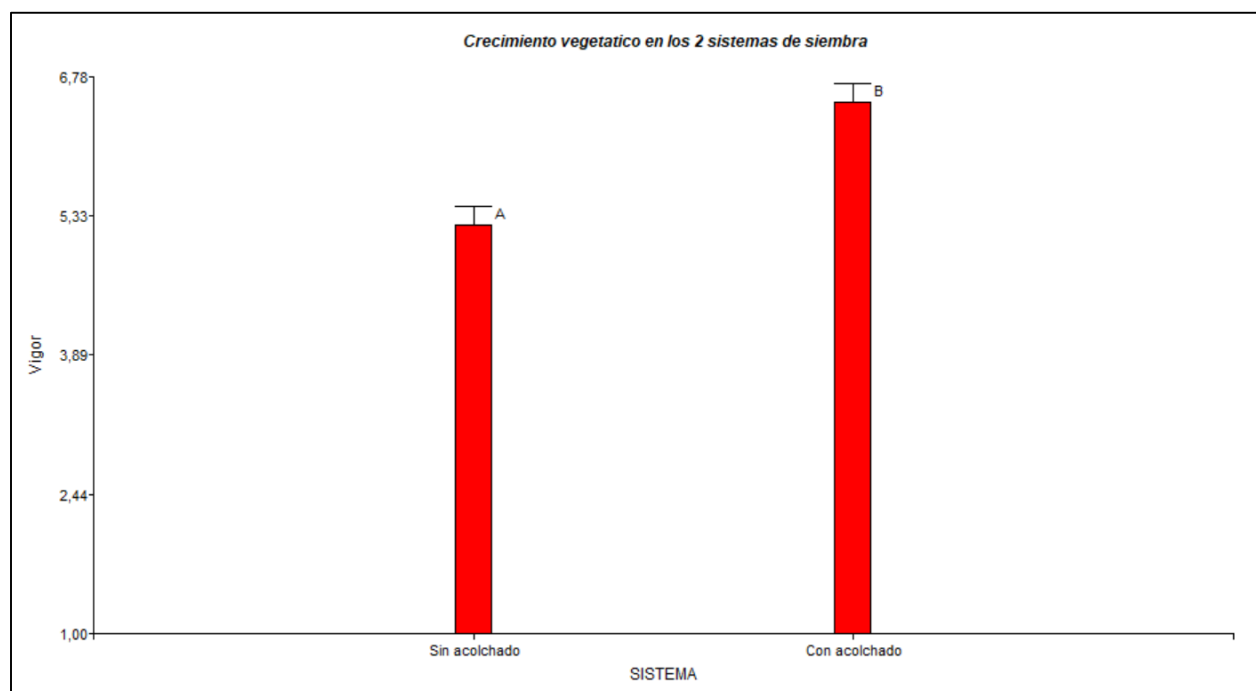
Variedad	Media	Grupo
Fanesquero	5,03	A
Canario Chota	6,33	B
Centenario	6,5	B

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

La prueba de comparación de medias de Tukey de la tabla 27 para el factor variedad mostró diferencias estadísticamente significativas en la variable vigor. Las variedades Canario Chota y Centenario presentaron los mayores valores promedio, con 6,33 y 6,28 respectivamente, ubicándose en el mismo grupo estadístico, mientras que la variedad Fanesquero registró el menor valor promedio, con 5,03, diferenciándose significativamente de las anteriores. Estos resultados evidencian que el vigor del cultivo estuvo influenciado por el comportamiento genético propio de cada variedad, lo cual determina respuestas diferenciadas en el crecimiento inicial bajo las condiciones evaluadas.

10.3.2 Análisis gráfico del crecimiento vegetativo

Gráfica 5 Crecimiento vegetativo en sistemas de acolchado plástico y sin acolchado.

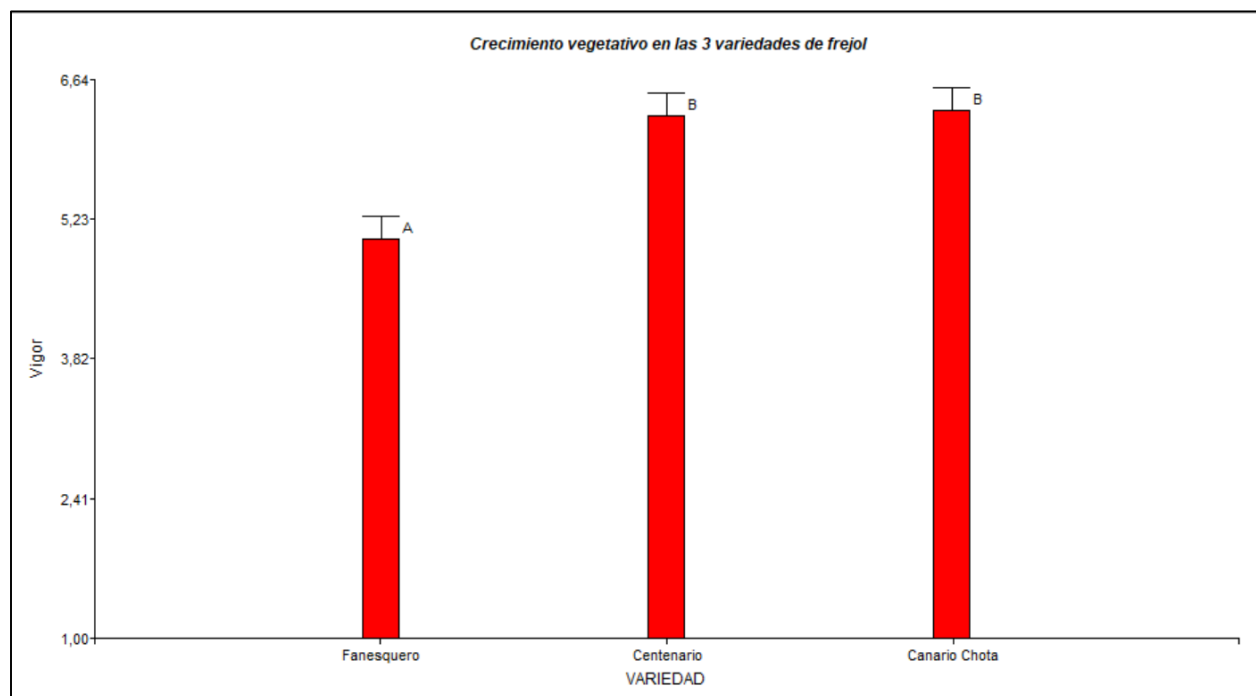


Fuente: (InfoStat 2025)

En la Gráfica 5 se observa que el sistema con acolchado presentó un vigor promedio de 6,52, mientras que el sistema sin acolchado registró un valor de 5,24. El análisis estadístico evidenció la existencia de diferencias significativas entre ambos sistemas, lo que indica que el vigor vegetativo del cultivo fue superior bajo el sistema con acolchado. Estos resultados sugieren que el uso de acolchado favoreció el desarrollo inicial de las plantas, posiblemente debido a una mejor

conservación de la humedad del suelo, una regulación más estable de la temperatura y una menor competencia con malezas, factores que contribuyen a un crecimiento vegetativo más uniforme y vigoroso.

Gráfica 6 Crecimiento vegetativo por variedad



Fuente: (InfoStat 2025)

En la Gráfica 6 se aprecia que la variedad Canario Chota presentó el mayor vigor promedio, con un valor de 6,33, seguida de la variedad Centenario con 6,28, mientras que la variedad Fanesquero registró el menor valor, con 5,03. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre las variedades evaluadas, evidenciando un comportamiento diferencial en la expresión del vigor vegetativo. Estas diferencias pueden atribuirse a las características genéticas propias de cada variedad y a su capacidad de adaptación a las condiciones ambientales y de manejo del cultivo, lo que influye directamente en el desarrollo inicial y desempeño general de las plantas.

10.4 ALTURA DE LAS PLANTAS

Tabla 28 Análisis de varianza para la variable altura de las plantas en tres variedades de fréjol bajo dos sistemas de siembra (con y sin mulching polimérico negro).

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

CV = 8,99%

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11259,48	23	489,54	189,89	<0,0001
Sistema	946,47	1	946,47	367,14	<0,0001
Días	9562,98	4	2390,75	927,37	<0,0001
Variedad	140,36	2	70,18	27,22	<0,0001
Repetición	47,23	2	23,62	9,16	0,0003
S x D	433,2	4	108,3	42,01	<0,0001
S x V	11,85	2	5,92	2,3	0,1084
V x D	117,39	8	14,67	5,69	<0,0001
Error	170,15	66	2,58		
Total	11429,63	89			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza de la tabla 28 mostro que el modelo estadístico fue altamente significativo ($p < 0,0001$), confirmando un excelente ajuste de los datos experimentales. El factor sistema presentó diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$), evidenciando una influencia directa del acolchado sobre la altura de planta. El factor días mostró un efecto altamente significativo ($p < 0,0001$), reflejando el crecimiento progresivo del cultivo a lo largo del ciclo. La variedad también presentó diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$), lo que indica comportamiento diferencial entre materiales genéticos. La repetición fue significativa ($p = 0,0003$), mostrando variabilidad entre bloques. Las interacciones sistema \times días y días \times variedad fueron altamente significativas ($p < 0,0001$), lo que demuestra que el crecimiento estuvo condicionado tanto por el sistema de manejo como por el tiempo de evaluación. En contraste, la interacción sistema \times variedad no fue significativa ($p = 0,1084$), indicando que las variedades respondieron de manera similar al sistema de producción.

10.4.1 Pruebas de tukey al 5% para la altura de planta según sistema x días

Tabla 29 Prueba de Tukey al 5% para altura de planta por sistema x días

Sistema	Días	Media (cm)	Grupo
Sin acolchado	15	3,94	A
Con acolchado	15	4,95	A
Sin acolchado	30	8,54	B
Con acolchado	30	12,76	C
Sin acolchado	45	13,43	C
Con acolchado	45	19,79	D
Sin acolchado	60	20,1	D

Con acolchado	60	26,64	E
Sin acolchado	75	27,06	E
Con acolchado	75	41,36	F

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

En la Tabla 29 a partir de los 30 días se observan diferencias significativas entre sistemas. El sistema con acolchado presentó un crecimiento superior en todas las evaluaciones posteriores, alcanzando su máxima diferencia a los 75 días, con 41,36 cm frente a 27,06 cm del sistema sin acolchado, evidenciando el mayor efecto acumulativo del acolchado sobre el crecimiento vegetativo.

Tabla 30 Prueba de Tukey al 5% para altura de planta por variedad x días

Variedad	Días	Media (cm)	Grupo
Canario Chota	15	3,9	A
Centenario	15	4,59	A
Fanesquero	15	4,85	A
Canario Chota	30	10,02	B
Fanesquero	30	10,53	B
Centenario	30	11,4	B
Canario Chota	45	15,06	C
Centenario	45	16,77	C
Fanesquero	45	18	C
Canario Chota	60	21,86	D
Centenario	60	22,91	D-E
Fanesquero	60	25,36	E
Canario Chota	75	31,41	F
Centenario	75	32,54	F
Fanesquero	75	38,69	G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la tabla 30 a los 15 días no se presentaron diferencias entre variedades. A partir de los 30 días las diferencias se hacen evidentes y se mantienen hasta los 75 días, donde la variedad INIAP-425 “Blanco Fanesquero” presentó la mayor altura, siendo estadísticamente superior al Canario del Chota y al Centenario.

Tabla 31 Prueba de Tukey al 5% para altura de planta por sistema x variedad

Sistema	Variedad	Media (cm)	Grupo
Sin acolchado	Canario Chota	12,86	A
Sin acolchado	Centenario	14,9	B

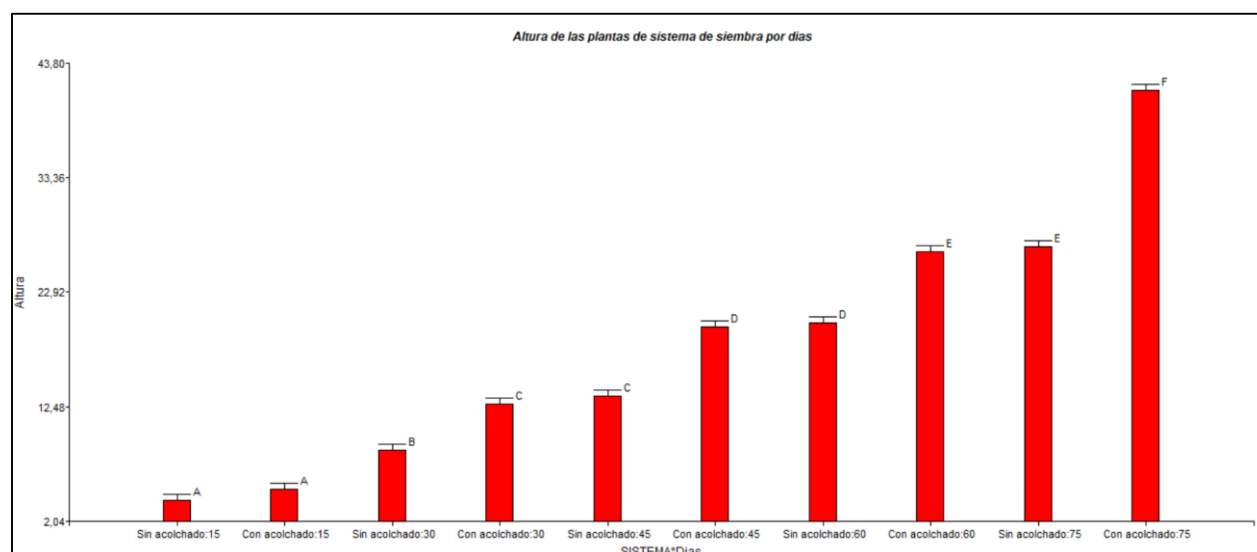
Sin acolchado	Fanesquero	16,09	B
Con acolchado	Canario Chota	20,04	C
Con acolchado	Centenario	20,38	C
Con acolchado	Fanesquero	22,88	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la tabla 31 el sistema con acolchado presentó mayores valores de altura en todas las variedades. La variedad INIAP-425 “Blanco Fanesquero” bajo acolchado registró la mayor altura promedio, diferenciándose significativamente del resto de tratamientos.

10.4.2 Análisis gráfico de las alturas de las plantas.

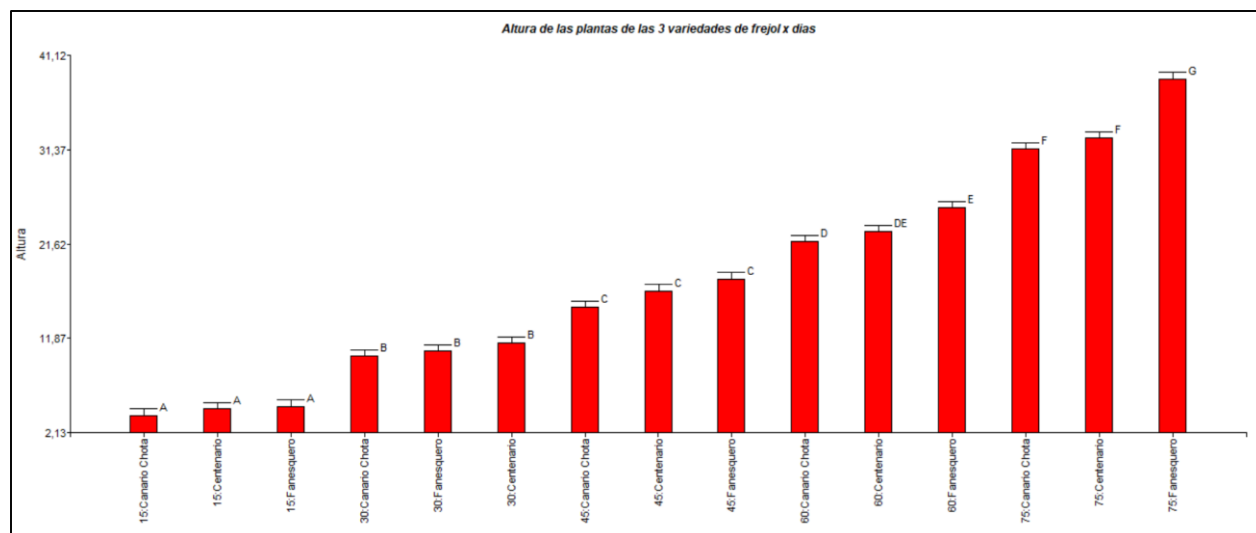
Gráfica 7 Altura de planta en sistemas de acolchado plástico y sin acolchado plástico.



Fuente: (InfoStat 2025)

En la presente gráfica 7 se observa que el mayor valor de altura de planta se registró en el sistema con acolchado a los 75 días después de la siembra, con un promedio de 41,36 cm. En contraste, el sistema sin acolchado alcanzó 27,06 cm en el mismo periodo, evidenciando una diferencia de 14,30 cm, lo que representa una superioridad del 52,8 % a favor del sistema con acolchado. Este resultado confirma el efecto acumulativo del acolchado plástico sobre el crecimiento vegetativo del cultivo.

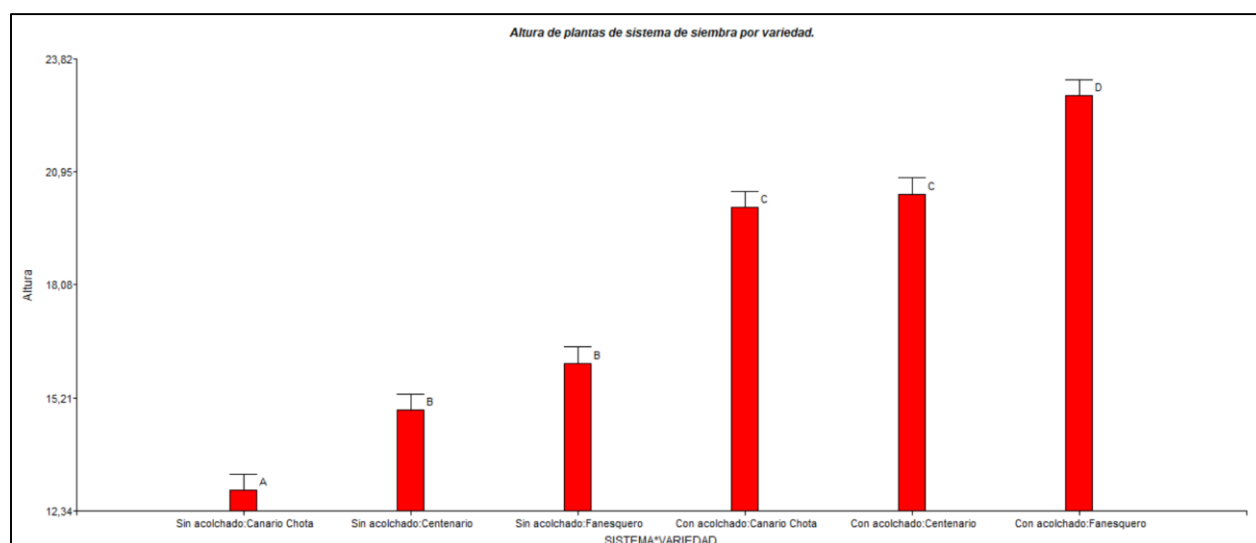
Gráfica 8 Altura de planta de variedad x días



Fuente: (InfoStat 2025)

En la gráfica 8 se observa que la mayor altura de planta se presentó en la variedad INIAP-425 “Blanco Fanesquero” a los 75 días, con un valor de 38,69 cm. En comparación, el Canario del Chota y el Centenario alcanzaron 31,41 cm y 32,54 cm, respectivamente. La diferencia máxima entre variedades fue de 7,28 cm, evidenciando la superioridad del Fanesquero en todas las etapas finales del cultivo.

Gráfica 9 *Altura de planta de sistema de siembra x variedad*



Fuente: (InfoStat 2025)

En la gráfica 9 se evidencia que la variedad INIAP-425 “Blanco Fanesquero” presentó la mayor altura promedio final, alcanzando 38,69 cm. En comparación, la variedad Canario del Chota registró 31,41 cm y la variedad Centenario 32,54 cm, mostrando que el Fanesquero superó al Canario del Chota en 7,28 cm, equivalente a una ventaja del 23,2 % en crecimiento vegetativo.

10.5 NUMERO DE VAINAS POR PLANTA

Tabla 32 Anova para el numero de vainas por planta en el método de acolchado plástico y el método testigo en las tres variedades de fréjol INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

CV=13%

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Sistema	578,91	1	578,91	54,11	<0,0001
Variedad	192,11	2	96,06	8,98	0,0059
S x V	1,44	2	0,72	0,07	0,9352
Repetición	158,08	2	79,04	7,39	0,0107
Error	106,98	10	10,7		
Total	1037,53	17			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza (Tabla 32) mostró que el modelo estadístico fue significativo ($p = 0,0003$), evidenciando un adecuado ajuste de los datos. El factor sistema presentó diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$), lo que indica una marcada influencia del manejo aplicado sobre la variable evaluada. De igual forma, el factor variedad mostró diferencias significativas ($p = 0,0059$), reflejando un comportamiento diferencial entre los materiales genéticos analizados. La repetición también presentó diferencias significativas ($p = 0,0107$), lo que sugiere variabilidad entre las unidades experimentales. En contraste, la interacción sistema \times variedad no fue significativa ($p = 0,9352$), indicando que las variedades respondieron de manera similar en ambos sistemas, sin evidenciarse un efecto diferencial del sistema según la variedad.

10.5.1 Pruebas de tukey al 5% para el numero de vainas por planta

Tabla 33 Prueba de Tukey al 5% para el número de vainas por planta por sistema de siembra

Sistema	Media (vainas/planta)	Grupo
Sin acolchado	19,5	A
Con acolchado	30,84	B

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

En la Tabla 33 se evidencia que el sistema con acolchado plástico presenta un número significativamente mayor de vainas por planta (30,84) comparado con el sistema sin acolchado (19,50), demostrando una diferencia de 11,34 vainas/planta que representa una ventaja del 58,2% para el sistema con mulching.

Tabla 34 Prueba de Tukey al 5% para el número de vainas por planta por variedad

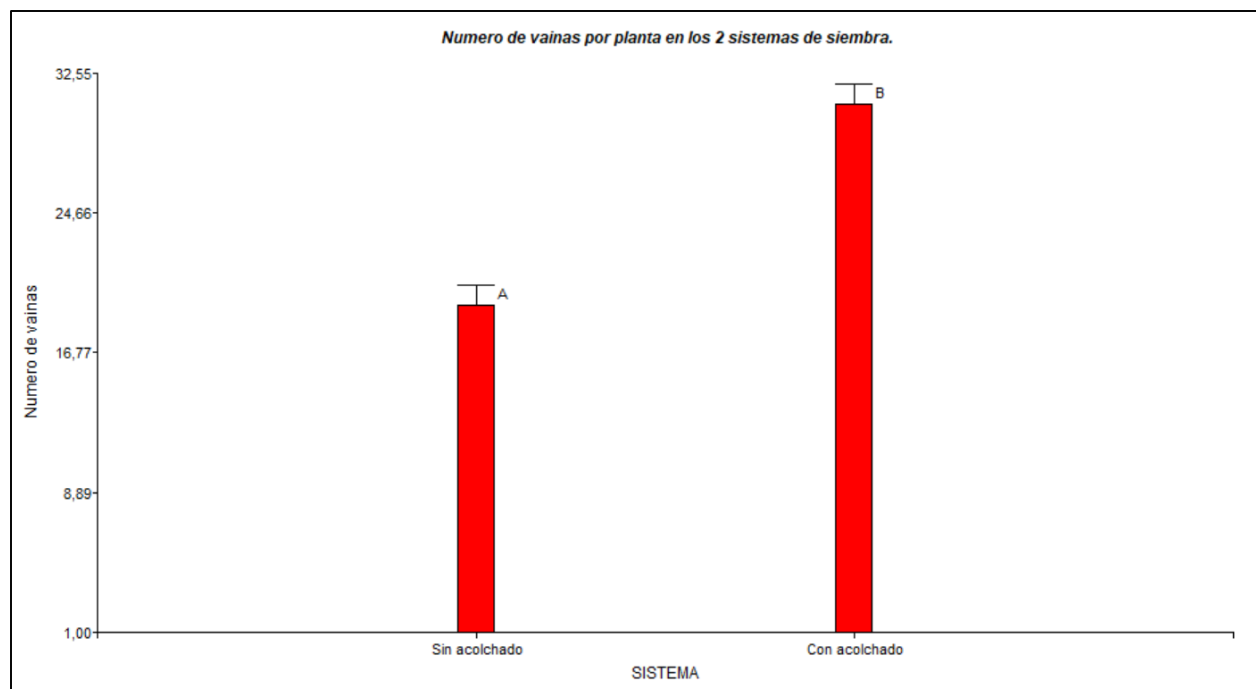
Variedad	Media (vainas/planta)	Grupo
Fanesquero	20,62	A
Canario Chota	26,71	A B
Centenario	28,17	B

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

En la Tabla 34 se observa que la variedad INIAP-484 "Centenario" presenta el mayor número de vainas por planta (28,17), formando un grupo estadístico diferenciado del INIAP-425 "Blanco Fanesquero" (20,62), mientras que el INIAP-420 "Canario del Chota" (26,71) no difiere significativamente de ninguno de los dos. El Centenario muestra una ventaja de 7,55 vainas/planta sobre el Fanesquero, representando una superioridad del 36,6% en este componente del rendimiento.

10.5.2 Análisis gráfico del número de vainas por planta

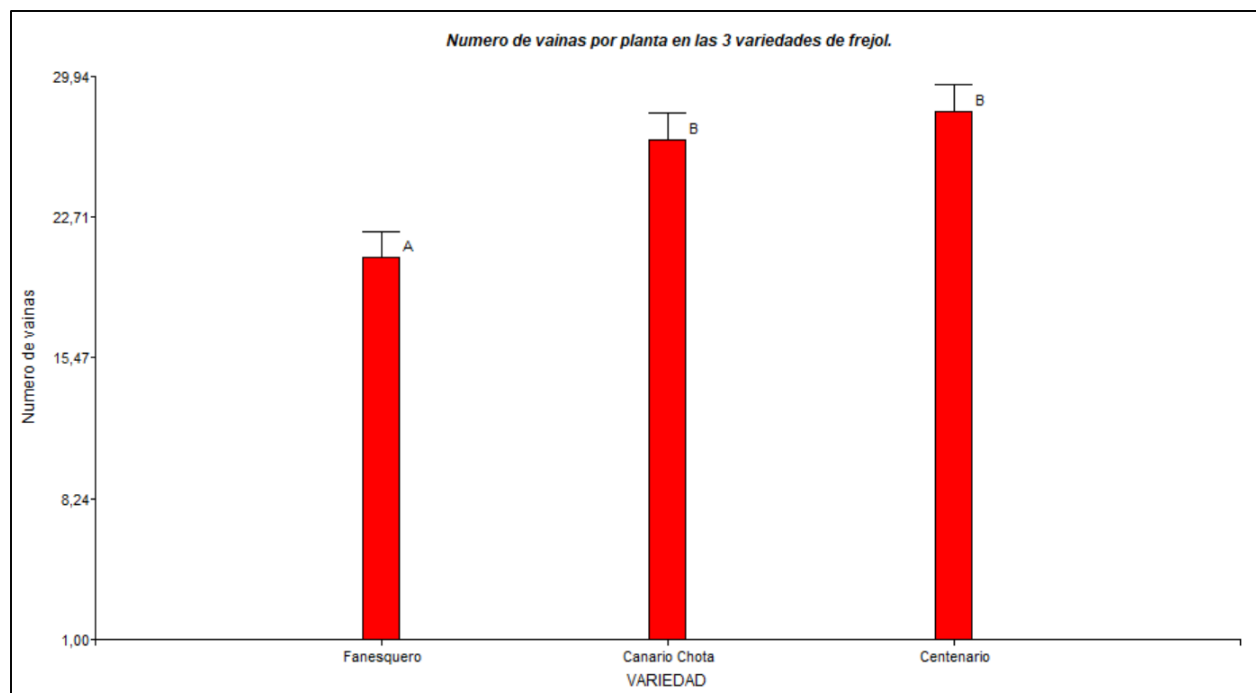
Gráfica 10 Numero de vainas por planta en sistemas de acolchado plástico y sin acolchado.



Fuente: (InfoStat 2025)

En esta Gráfica 10 se observa que el sistema con acolchado plástico presenta un número significativamente mayor de vainas por planta (30,84 vainas/planta) comparado con el sistema sin acolchado (19,50 vainas/planta), demostrando una diferencia de 11,34 vainas/planta que representa una ventaja del 58,2% para el sistema con mulching. Esta marcada superioridad puede atribuirse al efecto combinado del acolchado en la conservación de humedad del suelo, regulación térmica y eliminación de competencia con malezas, factores que favorecen un mayor establecimiento de estructuras reproductivas y reducen el aborto floral (Desta, 2021).

Gráfica 11 *Numero de vainas por planta en las 3 variedades*



Fuente: (InfoStat 2025)

En la Gráfica 11 se evidencia que la variedad INIAP-484 "Centenario" presenta el mayor número de vainas por planta (28,17 vainas/planta), seguida por INIAP-420 "Canario del Chota" (26,71 vainas/planta), mientras que INIAP-425 "Blanco Fanesquero" muestra el menor valor (20,62 vainas/planta). El Centenario supera al Fanesquero en 7,55 vainas/planta, representando una ventaja del 36,6% en este componente del rendimiento. Esta variabilidad genética refleja diferencias intrínsecas en la capacidad reproductiva de cada material, posiblemente asociadas a su arquitectura de planta y eficiencia en la partición de asimilados (Keller et al., 2020). La ausencia de interacción significativa con el sistema de siembra indica que todas las variedades responden de manera proporcional al beneficio del acolchado plástico.

10.6 NUMERO DE SEMILLAS POR VAINA

Tabla 35 Anova para el numero de semillas por vaina en el método de acolchado plástico y el método testigo en las tres variedades de fréjol INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero"

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

CV=12,09%

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Sistema	0,22	1	0,22	0,77	0,401
Variedad	8,44	2	4,22	14,62	0,0011
S x V	0,44	2	0,22	0,77	0,4889
Repetición	0,44	2	0,22	0,77	0,4889
Error	2,89	10	0,29		
Total	12,44	17			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza (Tabla 35) indicó que el modelo estadístico fue significativo ($p = 0,0139$), evidenciando un adecuado ajuste de los datos. El factor sistema no presentó diferencias significativas ($p = 0,4010$), lo que indica que el manejo aplicado no influyó de manera significativa sobre la variable evaluada. En contraste, el factor variedad mostró diferencias altamente significativas ($p = 0,0011$), reflejando un comportamiento diferencial entre las variedades estudiadas. La repetición no presentó diferencias significativas ($p = 0,4889$), al igual que la interacción sistema \times variedad ($p = 0,4889$), lo que sugiere que las variedades respondieron de manera similar en ambos sistemas de manejo, sin evidenciarse un efecto combinado entre los factores evaluados.

10.6.1 Pruebas de tukey al 5% para el número de semillas por vaina

Tabla 36 Prueba de Tukey al 5% para el número de semillas por vaina en sistemas de siembra

Sistema	Media (semillas/vaina)	Grupo
Sin mulch	4.33	A
Con mulch	4.56	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la Tabla 36 se confirma que no existieron diferencias estadísticas entre los sistemas de siembra respecto al número de semillas por vaina. Aunque el tratamiento con mulching mostró un valor ligeramente superior (4.56 semillas/vaina), esta diferencia no fue significativa ($p > 0.05$). Esto indica que el acolchado plástico negro no influyó de manera determinante en este parámetro reproductivo específico, sugiriendo que el número de semillas por vaina está más regulado por factores genéticos y fisiológicos internos de la planta que por las modificaciones microclimáticas (conservación de humedad y temperatura) inducidas por la cobertura (Keller et al., 2020).

Tabla 37 Prueba de Tukey al 5% para el número de semillas por vaina en 3 variedades.

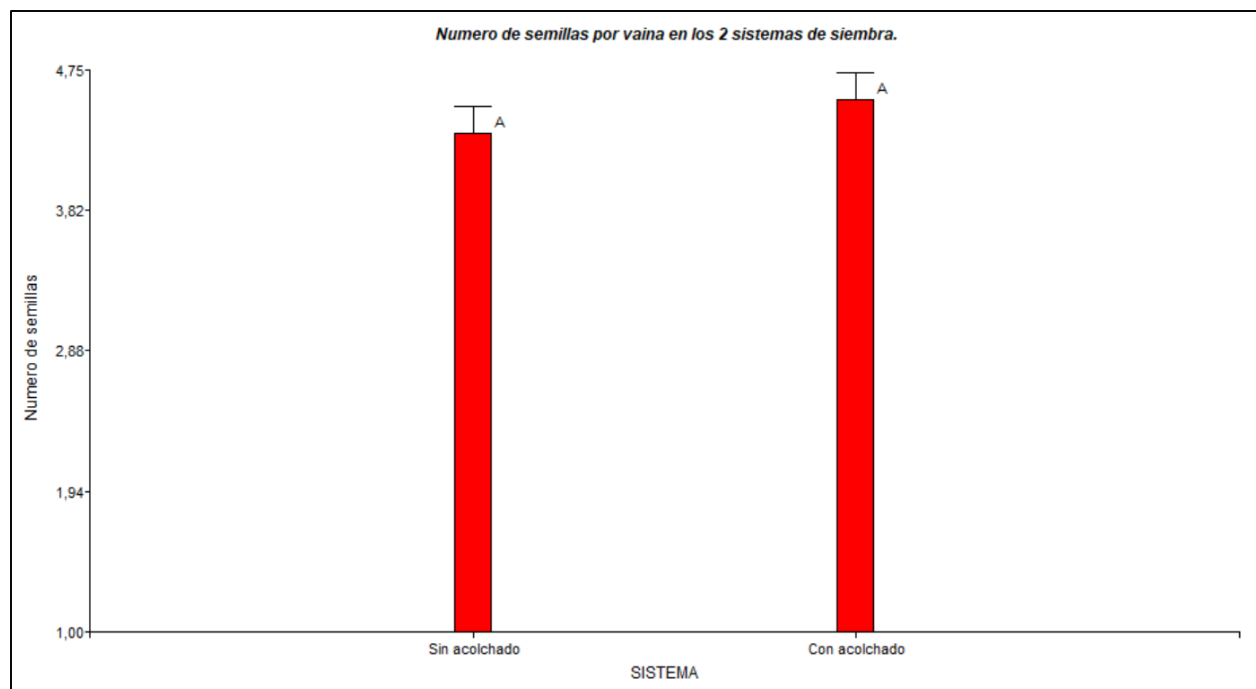
Variedad	Media (semillas/vaina)	Grupo
Fanesquero	3.67	A
Centenario	4.33	A
Canario del Chota	5.33	B

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

El análisis de comparación de medias (Tabla 37) determinó que la variedad INIAP-420 "Canario del Chota" presentó un número significativamente mayor de semillas por vaina (5.33), formando un grupo estadístico diferenciado (B). Las variedades INIAP-425 "Blanco Fanesquero" (3.67) e INIAP-484 "Centenario" (4.33) no mostraron diferencias significativas entre sí, perteneciendo al mismo grupo estadístico (A). El "Canario del Chota" superó al "Fanesquero" en 1.66 semillas por vaina, lo que representa una ventaja del 45.2% en este componente crítico del rendimiento. Esta superioridad puede atribuirse a características genéticas propias de la variedad, como una mayor capacidad de fecundación, retención de óvulos y llenado de granos, las cuales son inherentes a su constitución genética y han sido seleccionadas en su proceso de mejoramiento (Murillo & Peralta, 2002).

10.6.2 Análisis gráfico del número de semillas por vaina

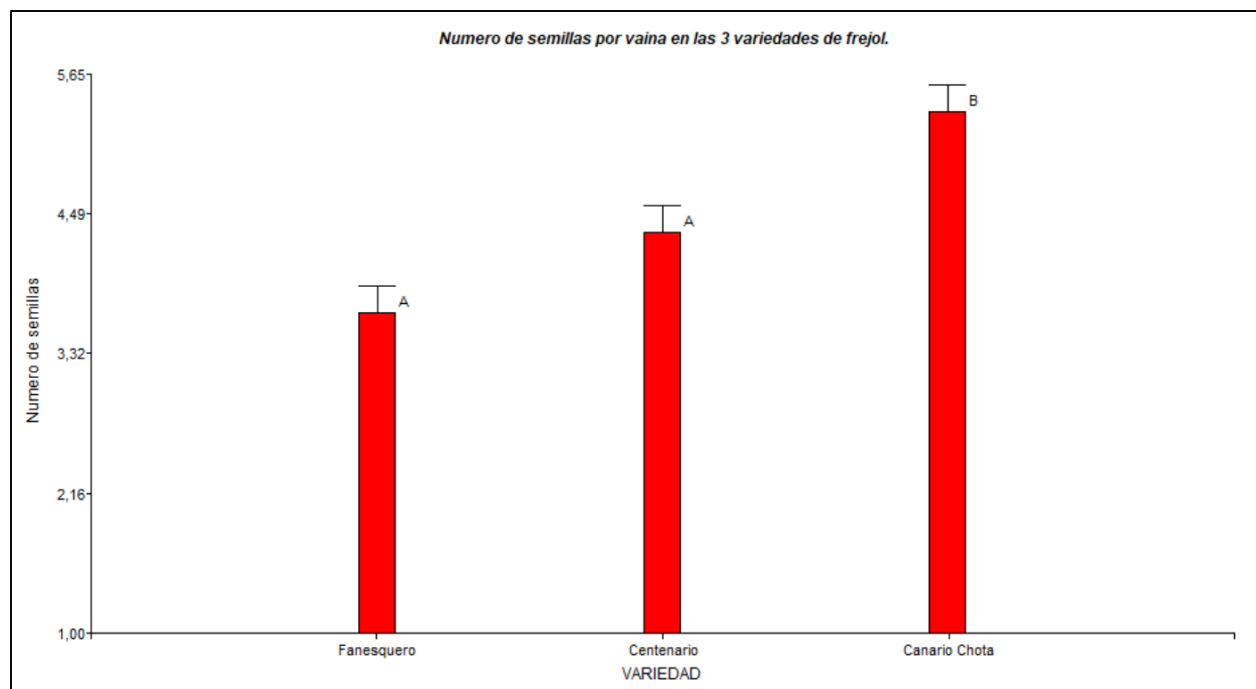
Gráfica 12 Numero de semillas por vaina en sistemas de acolchado plástico y sin acolchado.



Fuente: (InfoStat 2025)

En la Gráfica 12 se observa que el número promedio de semillas por vaina fue ligeramente superior en el sistema con acolchado (4.56) frente al sistema testigo (4.33). Sin embargo, como lo confirman las pruebas estadísticas, esta diferencia no fue significativa. Esto refuerza la conclusión de que, para este carácter específico, la tecnología de mulching no ejerce un efecto determinante, posiblemente porque el establecimiento del número de semillas por vaina es un proceso fisiológico que ocurre en etapas tempranas de la floración y es menos sensible a las mejoras ambientales posteriores proporcionadas por el acolchado (Fernández & Alejo, 2017).

Gráfica 13 *Numero de semillas por vaina en las 3 variedades*



Fuente: (InfoStat 2025)

La Gráfica 13 evidencia marcadas diferencias genéticas entre las variedades en cuanto a su capacidad reproductiva. La variedad INIAP-420 "Canario del Chota" destacó significativamente con un promedio de 5.33 semillas por vaina, superando en 1.66 semillas a la variedad INIAP-425 "Blanco Fanesquero" (3.67) y en 1.0 semilla al INIAP-484 "Centenario" (4.33). Esta superioridad del "Canario del Chota" refleja su potencial genético para una mayor productividad por unidad de área, ya que el número de semillas por vaina es uno de los componentes primarios del rendimiento en leguminosas. La consistencia de esta ventaja, independientemente del sistema de siembra, la convierte en un carácter estable y confiable para la selección varietal en programas de mejora y para la recomendación a productores (Murillo & Peralta, 2002; Schoonhoven & Pastor-Corrales, 1987).

10.7 DIAS A LA COSECHA (Primera cosecha)

Tabla 38 Anova para los días a la cosecha en el método de acolchado plástico y el método sin acolchado en las tres variedades de fréjol INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero"

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

CV=4,77%

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Sistema	80,22	1	80,22	1,76	0,2135
Variedad	303,44	2	151,72	3,34	0,0776
S x V	110,78	2	55,39	1,22	0,3361
Repetición	103,44	2	51,72	1,14	0,3587
Error	454,56	10	45,46		
Total	1052,44	17			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza (tabla 38) indicó que el modelo estadístico no presentó diferencias significativas ($p = 0,1764$), lo que sugiere que, en conjunto, los factores evaluados no explicaron de manera significativa la variabilidad de la variable analizada; de igual manera, no se registraron diferencias estadísticas para el efecto del sistema ($p = 0,2135$), la variedad ($p = 0,0776$), la repetición ($p = 0,3587$) ni para la interacción sistema \times variedad ($p = 0,3361$), evidenciando que, bajo las condiciones experimentales del estudio, los tratamientos evaluados mostraron un comportamiento similar sin influir de manera significativa sobre la variable analizada.

10.7.1 Pruebas de tukey al 5% para la variable días a la primera cosecha.

Tabla 39 Prueba de Tukey al 5% para días a la primera cosecha por sistema de siembra

SISTEMA	Media (días)	Grupo
Con mulching	139.33	A
Sin mulching	143.56	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de comparación de medias de Tukey al 5% (Tabla 39) confirmó la ausencia de diferencias estadísticas entre los sistemas de siembra. Aunque numéricamente el sistema con acolchado mostró una tendencia a reducir el ciclo del cultivo en 4.23 días (139.33 vs 143.56 días), esta diferencia no alcanzó significancia estadística ($p > 0.05$). Esto sugiere que, si bien el mulching puede crear condiciones favorables para el desarrollo inicial, su efecto no es lo suficientemente fuerte como para modificar sustancialmente la duración total del ciclo fenológico hasta la madurez fisiológica, la cual está fuertemente determinada por la genética de la planta (Keller et al., 2020).

Tabla 40 Prueba de Tukey al 5% para días a la primera cosecha por variedad.

Variedad	Media (días)	Grupo
----------	--------------	-------

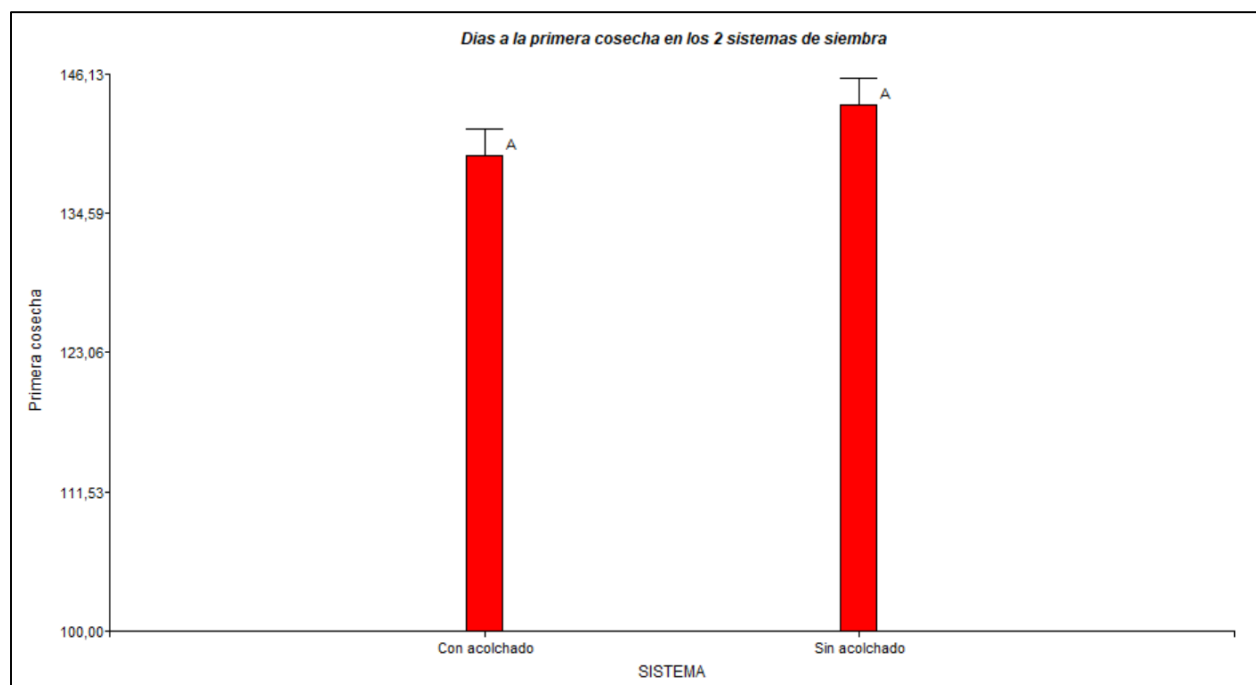
Fanesquero	135.67	A
Canario Chota	143.83	A
Centenario	144.83	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de comparación de medias (Tabla 40) reveló que, aunque estadísticamente no significativas ($p = 0.0739$), existen diferencias numéricas importantes entre las variedades en cuanto a precocidad. La variedad INIAP-425 "Blanco Fanesquero" se destacó como la más precoz, requiriendo 135.67 días para alcanzar la primera cosecha. La variedad INIAP-484 "Centenario" fue la más tardía, con 144.83 días, mientras que el INIAP-420 "Canario del Chota" presentó un ciclo intermedio de 143.83 días. El "Centenario" fue 9.16 días más tardío que el "Fanesquero", lo que representa una diferencia del 6.8% en la duración del ciclo. Esta variabilidad refleja las diferencias genéticas en los hábitos de crecimiento y maduración seleccionadas durante el proceso de mejoramiento, donde el Fanesquero ha sido desarrollado para ciclos más cortos adaptados a ventanas climáticas específicas en la región andina (Murillo & Peralta, 2002).

10.7.2 Análisis gráfico de días a cosecha.

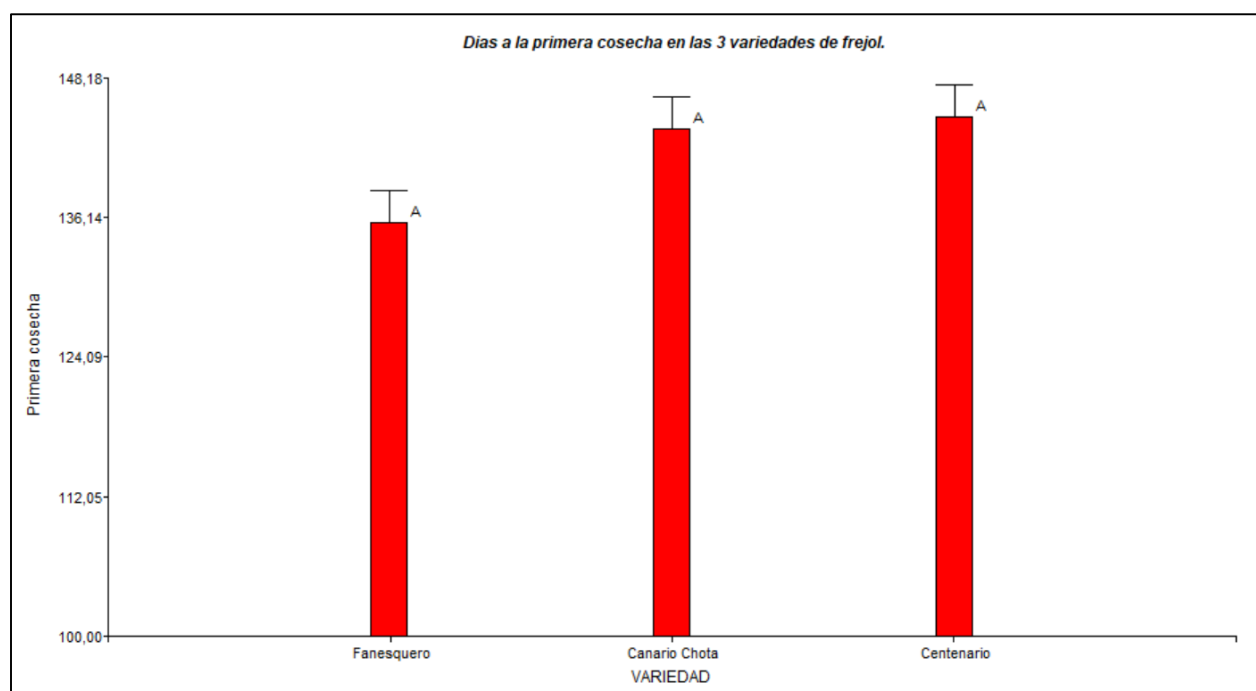
Gráfica 14 Días a la primera cosecha en sistemas de acolchado plástico y sin acolchado.



Fuente: (InfoStat 2025)

La Gráfica 14 muestra los promedios de días desde la siembra hasta la primera cosecha para cada sistema. Las barras representan medias de 139.3 días (con acolchado) y 143.6 días (sin acolchado). La superposición de los intervalos de error (E.E.) visualiza la ausencia de diferencia estadística, confirmada por la prueba de Tukey. A pesar de la ligera ventaja numérica del sistema con mulching, la homogeneidad estadística indica que la tecnología de acolchado no es una herramienta efectiva para acortar significativamente el ciclo total del cultivo de fréjol en las condiciones de Salache. El ciclo parece estar más condicionado por el fotoperiodo y la suma térmica requerida por la planta que por las mejoras microclimáticas puntuales (Desta, 2021).

Gráfica 15 Días a la primera cosecha en las 3 variedades



Fuente: (InfoStat 2025)

La Gráfica 15 ilustra claramente el gradiente de precocidad entre las variedades. El "Fanesquero" (135.7 días) presenta la barra más baja, evidenciando su ciclo corto. El "Canario del Chota" (140.3 días) muestra una posición intermedia, mientras que el "Centenario" (148.3 días) tiene la barra más alta, indicando su ciclo más largo. La diferencia visual entre el "Fanesquero" y el "Centenario" es marcada. Esta información es crucial para los agricultores, ya que la elección de variedad determina el momento de cosecha, la exposición a riesgos climáticos tardíos y la planificación de la rotación

de cultivos. La precocidad del "Fanesquero" puede ser una ventaja clave en zonas con temporadas cortas o para escapar de períodos de sequía o heladas terminales (INIAP, 2022).

10.8 DIAS A LA COSECHA (Segunda cosecha)

Tabla 41 Anova para los días a la cosecha en el método de acolchado plástico y el método sin acolchado en las tres variedades de fréjol INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero"

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

CV=6,44%

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Sistemas	304,22	1	304,22	3,01	0,1132
Variedad	364	2	182	1,8	0,2145
S x V	179,11	2	89,56	0,89	0,442
Repetición	511	2	255,5	2,53	0,129
Error	1009,67	10	100,97		
Total	2367,99	17			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza (Tabla 41) indicó que el modelo estadístico no presentó diferencias significativas ($p = 0,1682$). De igual manera, no se registraron efectos significativos del sistema ($p = 0,1132$), variedad ($p = 0,2145$), repetición ($p = 0,1290$) ni de la interacción sistema \times variedad ($p = 0,4420$). Estos resultados sugieren que, bajo las condiciones experimentales evaluadas, los factores estudiados no influyeron significativamente sobre la variable analizada, mostrando un comportamiento homogéneo entre tratamientos.

10.8.1 Pruebas de tukey al 5% para la variable días a la segunda cosecha.

Tabla 42 Prueba de Tukey al 5% para días a la segunda cosecha por sistema de siembra

Sistema	Media (días)	Grupo
ACOLCHADO	151.89	A
SIN ACOLCHADO	160.11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la Tabla 42 se confirma la ausencia de diferencias estadísticas entre sistemas de siembra. Aunque numéricamente el sistema con acolchado mostró una tendencia a alcanzar la segunda

cosecha 8.22 días antes (151.89 vs 160.11 días), esta diferencia no fue significativa ($p > 0.05$). Esta falta de significancia podría deberse a la alta variabilidad en el patrón de maduración escalonada característico del fréjol, donde factores como la posición de las vainas en la planta y la competencia por asimilados pueden ser más determinantes que el sistema de cobertura para esta cosecha intermedia (Keller et al., 2020).

Tabla 43 Prueba de Tukey al 5% para días a la segunda cosecha por variedad.

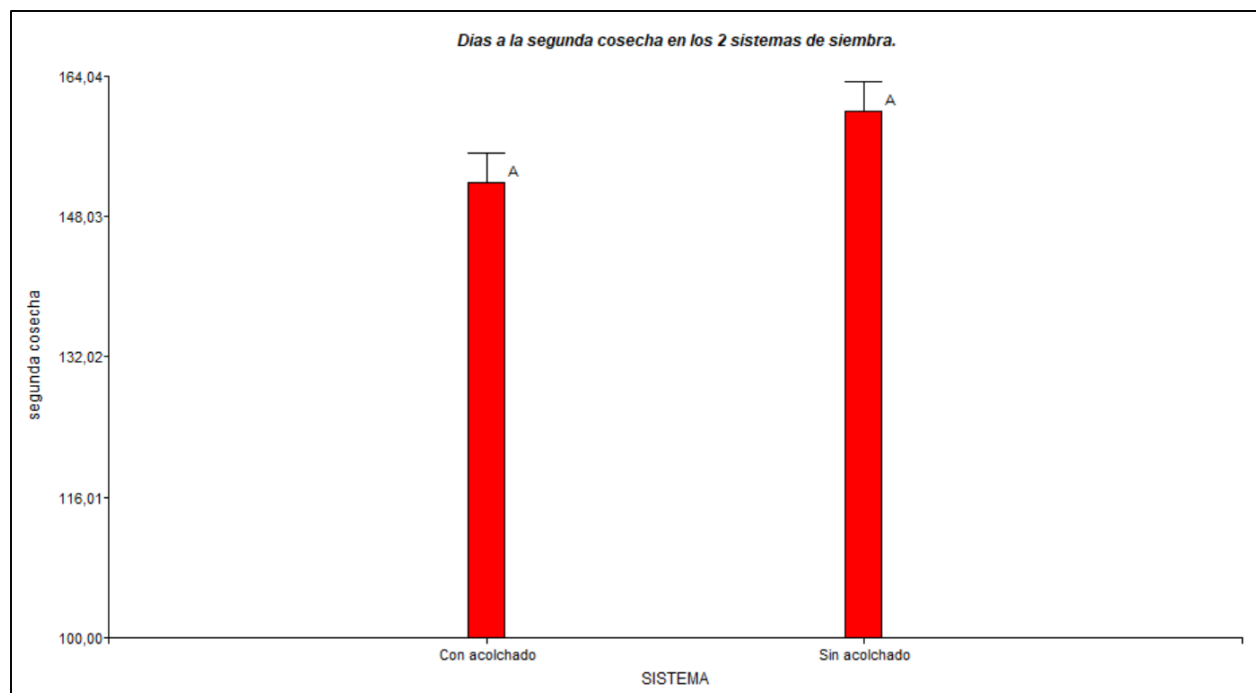
Variedad	Media (días)	Grupo
Fanesquero	150.67	A
Centenario	155.67	A
Canario Chota	161.67	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de comparación de medias (Tabla 43) tampoco reveló diferencias significativas entre variedades. Las tres variedades presentaron comportamientos similares, con medias que oscilaron entre 150.67 días ("Fanesquero") y 161.67 días ("Canario del Chota"). La diferencia numérica de 11 días entre el Fanesquero y el Canario del Chota no alcanzó significancia estadística, lo que sugiere que, para la segunda cosecha, las diferencias genéticas en precocidad observadas en la primera cosecha se diluyen. Esto podría indicar que las variedades tienen patrones de maduración escalonada distintos, pero con una producción total distribuida de manera similar a lo largo del tiempo (Murillo & Peralta, 2002).

10.8.2 Análisis gráfico de días a cosecha.

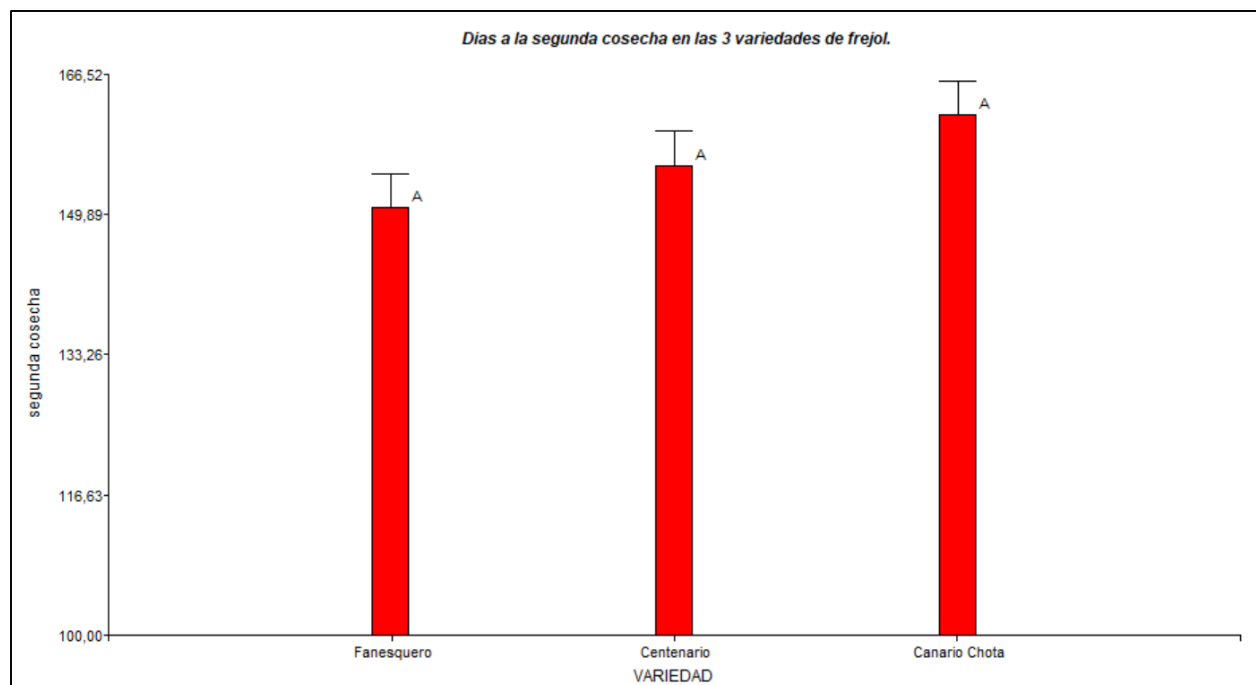
Gráfica 16 Días a la segunda cosecha en sistemas de acolchado plástico y sin acolchado.



Fuente: (InfoStat 2025)

La Gráfica 16 presenta las medias de días hasta la segunda cosecha para cada sistema de siembra. La barra del sistema con acolchado (151.9 días) es ligeramente más baja que la del testigo (160.1 días), visualizando la tendencia a una maduración más temprana. Sin embargo, la considerable superposición de los intervalos de error refleja la alta variabilidad dentro de cada tratamiento y confirma la ausencia de efecto estadístico significativo del mulching en este momento específico de cosecha. Este resultado contrasta con su posible efecto en la fenología inicial, sugiriendo que la influencia del acolchado puede ser más notoria en etapas vegetativas que en las reproductivas tardías (Desta, 2021).

Gráfica 17 *Días a la segunda cosecha en las 3 variedades*



Fuente: (InfoStat 2025)

La Gráfica 17 muestra los promedios de días hasta la segunda cosecha para cada variedad. Aunque el "Fanesquero" (150.67 días) y el "Centenario" (155.67 días) presentan valores ligeramente inferiores al "Canario del Chota" (161.67 días), las amplias barras de error (± 4.60 días) indican una alta dispersión de los datos. Esta homogeneidad estadística, a pesar de las diferencias numéricas de hasta 11 días, refuerza la conclusión de que el momento de la segunda cosecha es un carácter altamente variable y poco diferenciador entre estas variedades mejoradas bajo las condiciones experimentales. La elección de variedad, por tanto, no determinaría significativamente el calendario de esta cosecha intermedia. Sin embargo, desde una perspectiva agronómica práctica, la tendencia del Fanesquero a mostrar valores más bajos en ambas cosechas (primera y segunda) sugiere una maduración más concentrada que podría facilitar las operaciones de cosecha y reducir los costos de mano de obra asociados a recolecciones escalonadas (INIAP, 2022).

10.9 INCIDENCIA DE MALEZAS

Tabla 44 Análisis de varianza para el porcentaje de incidencia de malezas en tres variedades de fréjol bajo el sistema tradicional (sin acolchado).

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

CV=7,64%

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	57.56	2	28.78	0.54	0.6106
Variedad	57.56	2	28.78	0.54	0.6106
Error	322.00	6	53.67	–	–
Total	379.56	8	–	–	–

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza (Tabla 44), realizado sobre las parcelas del sistema tradicional (sin acolchado), mostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las variedades en cuanto al porcentaje de incidencia de malezas ($p = 0.6106$). El Coeficiente de Variación (CV) de 8.70% indica una buena precisión experimental, sin embargo, el muy bajo R^2 Ajustado (0.00) revela que las diferencias genéticas entre variedades explican prácticamente ninguna de la variabilidad observada en la infestación de arvenses. Esto sugiere que, en ausencia de control de malezas, la presión de infestación fue uniforme y las características de las variedades (como hábito de crecimiento, velocidad de cobertura foliar o arquitectura de planta) no fueron suficientes para suprimir diferencialmente el desarrollo de malezas en esta etapa temprana del cultivo (36 días después de la siembra) (De Cauwer et al., 2016).

10.9.1 Pruebas de tukey al 5% para la variable incidencia de malezas.

Tabla 45 Prueba de Tukey al 5% para incidencia de malezas por variedad.

Variedad	Media (%)	Grupo
CENTENARIO	81.67	A
FANESQUERO	83.33	A
CANARIO CHOTA	87.67	A

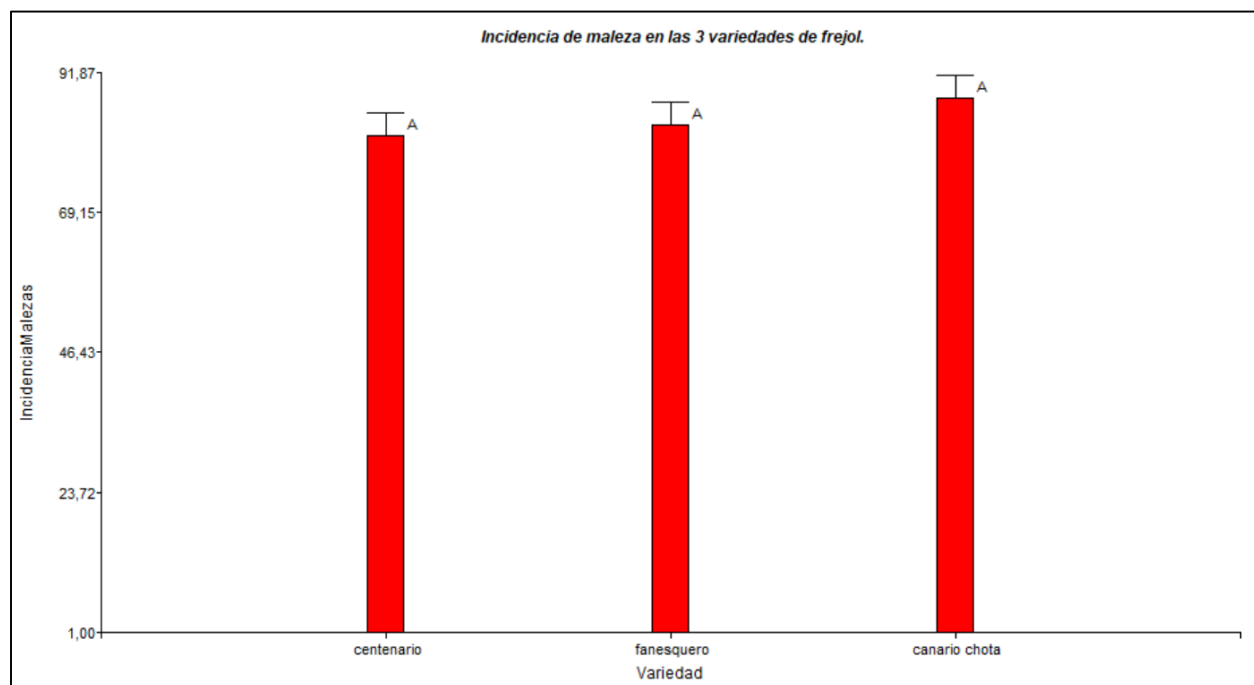
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de comparación de medias (Tabla 45) confirma la ausencia de diferencias estadísticas entre las variedades. Todas presentaron una alta incidencia de malezas, superior al 80%, lo que indica una cobertura de arvenses muy significativa en el sistema testigo. Numéricamente, el "Canario del Chota" mostró el mayor porcentaje (87.67%), seguido por el "Fanesquero" (83.33%) y el "Centenario" (81.67%), con diferencias máximas de solo 6 puntos porcentuales. Esta homogeneidad estadística refuerza que, bajo condiciones de alto estrés competitivo con malezas,

ninguna de las variedades evaluadas posee una ventaja inherente para tolerar o reducir esta presión mediante su crecimiento o arquitectura en la etapa vegetativa inicial (Michelle Flores, 2018).

10.9.2 Análisis gráfico de incidencia de malezas.

Gráfica 18 Porcentaje de incidencia de malezas en las tres variedades de fréjol (sistema sin acolchado).



Fuente: (InfoStat 2025)

La Gráfica 18 muestra los porcentajes promedio de cobertura de malezas para cada variedad en el sistema sin acolchado, evaluados a los 36 días después de la siembra. Las tres barras presentan valores elevados y muy similares, todas por encima del 80%, y con una marcada superposición de sus intervalos de error. Esta representación visual corrobora los resultados del ANOVA y la prueba de Tukey: no hay diferencias prácticas entre variedades en cuanto a su susceptibilidad a la infestación de malezas cuando se cultivan bajo el método tradicional. La alta incidencia general subraya la severa competencia por recursos (agua, nutrientes, luz) a la que se enfrenta el cultivo en estas condiciones, justificando la necesidad de prácticas de control como el deshierbe manual o, como se evaluó en este estudio, el uso de acolchado plástico que elimina virtualmente este problema (Caiza et al., 2024). La evaluación en esta fecha (mitad de ciclo vegetativo) capturó el momento crítico de competencia, antes del cierre del dosel del cultivo.

10.10 PORCENTAJE DE ACAME

Tabla 46 Prueba T para muestras independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n (1)	n (2)	Media (1)	Media (2)	Media	LI (95%)	LS (95%)	pHomVar	T	p-valor	Prueba
								(1) – Media (2)						
Sistema	Acame	{Sin much}	{Con mulch}	9	9	26,94	3,67	23,28	1,12	45,44	0,005	2,34	0,0413	Bilateral

La comparación de medias para la variable acame entre los sistemas con acolchado (Grupo 1) y sin acolchado (Grupo 2) mostró diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0413$). El sistema con acolchado presentó una media de 26,94, superior a la registrada en el sistema sin acolchado, que alcanzó un valor de 3,67. La diferencia entre medias fue de 23,28, con un intervalo de confianza al 95% comprendido entre 1,12 y 45,44, lo que confirma la existencia de diferencias reales entre ambos sistemas. Estos resultados indican que el uso de acolchado influyó significativamente sobre el acame, evidenciando un comportamiento diferencial entre los sistemas evaluados.

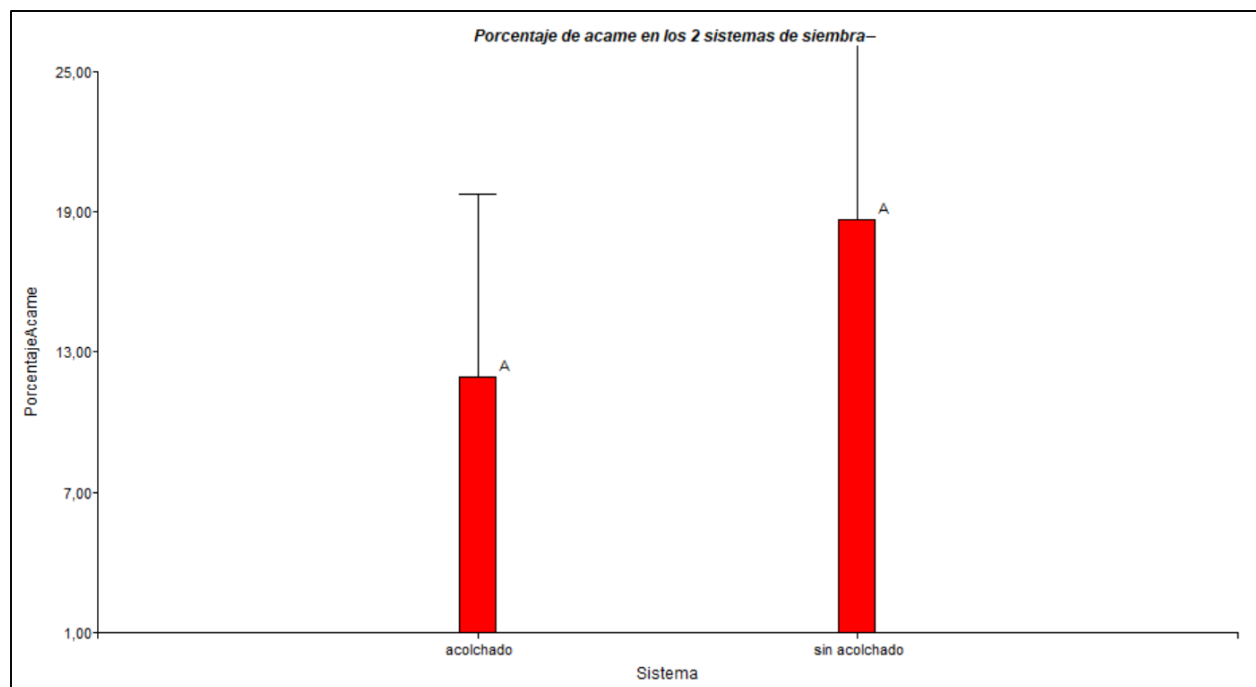
Tabla 47 Porcentaje promedio de acame por variedad.

Variedad	Media (%)	Grupo
Fanesquero	33.00	A
Canario del Chota	5.42	A
Centenario	3.75	A

Se observó en la tabla 47 una clara diferenciación en la susceptibilidad al acame entre variedades. La variedad INIAP-425 "Fanesquero" presentó un porcentaje promedio notablemente superior (33.00%), aproximadamente 6 veces mayor que el "Canario del Chota" (5.42%) y 9 veces mayor que el "Centenario" (3.75%).

10.10.1 Análisis gráfico de porcentaje de acame

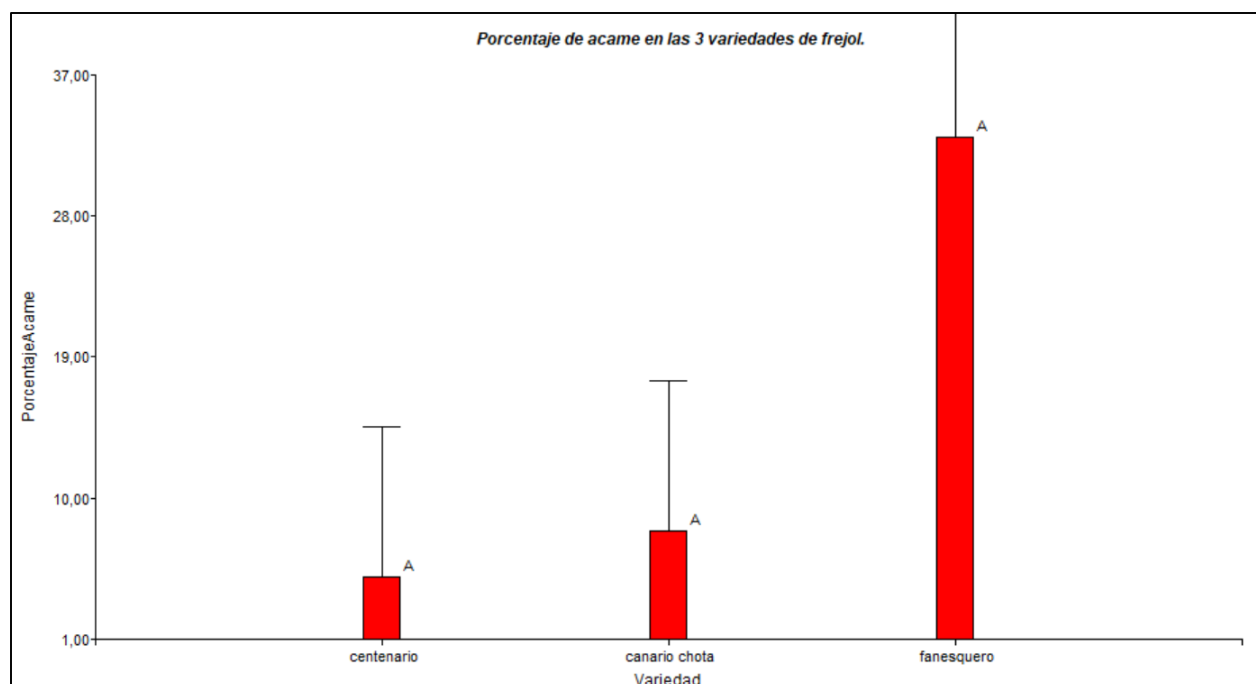
Gráfica 19 Porcentaje de acame por sistema de siembra.



Fuente: (InfoStat 2025)

El gráfico 19 de barras muestra porcentajes de acame muy similares entre ambos sistemas (14.7% vs 13.4%), confirmando que el acolchado plástico no redujo significativamente el volcamiento. La línea superior indica el valor máximo observado en cada sistema (hasta 36.5%), evidenciando la alta variabilidad interna.

Gráfica 20 *Porcentaje de acame por variedad.*



Fuente: (InfoStat 2025)

La Gráfica 20 evidencia visualmente la marcada superioridad del "Fanesquero" en cuanto a incidencia de acame. Su barra destaca claramente por encima de las otras dos, que se mantienen cercanas al eje base. A pesar de la enorme línea de error asociada al Fanesquero (que llega desde 0.9% hasta 65.1%), la magnitud de su media (33.0%) sugiere una tendencia agrónomicamente relevante hacia mayor volcamiento. Esta característica podría estar asociada a su mayor altura final y arquitectura vegetativa menos compacta (Keller et al., 2020)

10.11 RENDIMIENTO EN GRANO SECO

Tabla 48 Análisis de varianza para la variable de rendimiento en el método de acolchado plástico y el método testigo en las tres variedades de fréjol INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero".

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,45	7	0,21	1,36	0,3196
Sistema	0,83	1	0,83	5,46	0,0416
Variedad	0,0047	2	0,0023	0,02	0,9848
Repetición	0,37	2	0,18	1,21	0,339
S x V	0,24	2	0,12	0,79	0,4783

Error	1,52	10	0,15
Total	2,97	17	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza (Tabla 48) para la variable rendimiento, expresada en kilogramos, indicó que el modelo estadístico no presentó diferencias significativas ($p = 0,3196$). Sin embargo, el factor sistema mostró diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0416$), mientras que no se registraron diferencias significativas para el efecto de la variedad ($p = 0,9848$), la repetición ($p = 0,3390$) ni para la interacción sistema \times variedad ($p = 0,4783$). Estos resultados evidencian que el rendimiento del cultivo estuvo influenciado principalmente por el sistema de siembra, independientemente de la variedad evaluada.

10.11.1 Pruebas de tukey al 5% para la variable rendimiento en grano seco

Tabla 49 Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento en grano seco por sistema de siembra.

Sistema de siembra	Media (kg)	Grupo
Sin acolchado	0,55	A
Con acolchado	0,98	B

Medias con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$).

La prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % (Tabla 49) para el sistema de siembra presentó dos rangos de significación estadística. El sistema sin acolchado se ubicó en el rango “A”, con un rendimiento promedio de 0,55 kg por parcela, mientras que el sistema con acolchado plástico se ubicó en el rango “B”, con un promedio de 0,98 kg por parcela. La diferencia observada entre ambos sistemas fue estadísticamente significativa, evidenciando el efecto positivo del acolchado plástico sobre el rendimiento del cultivo.

Tabla 50 Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento en grano seco en las 3 variedades.

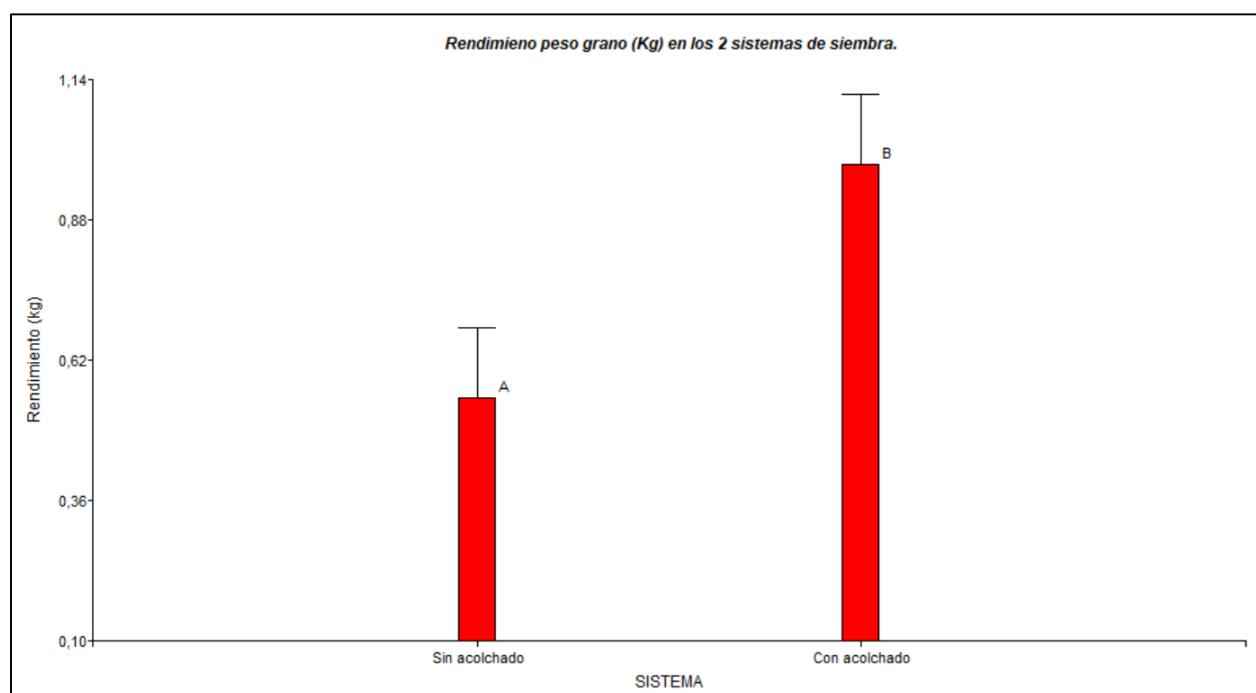
Variedad	Media (kg)	Grupo
Centenario	0,75	A
Fanesquero	0,75	A
Canario Chota	0,79	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Tukey al 5 % para la variable rendimiento (Tabla 50) presenta los resultados correspondientes a las tres variedades de fréjol evaluadas. Las variedades Centenario, Blanco Fanesquero y Canario del Chota se ubicaron dentro del mismo rango de significación estadística “a”, con promedios de 0,75 kg, 0,75 kg y 0,79 kg por parcela, respectivamente. Estos resultados indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre variedades para la variable rendimiento, ya que todas se comportaron de manera similar bajo las condiciones del experimento.

10.11.2 Análisis gráfico de rendimiento

Gráfica 21 Rendimiento en grano seco (g/parcela) en sistemas de acolchado plástico y sin acolchado.

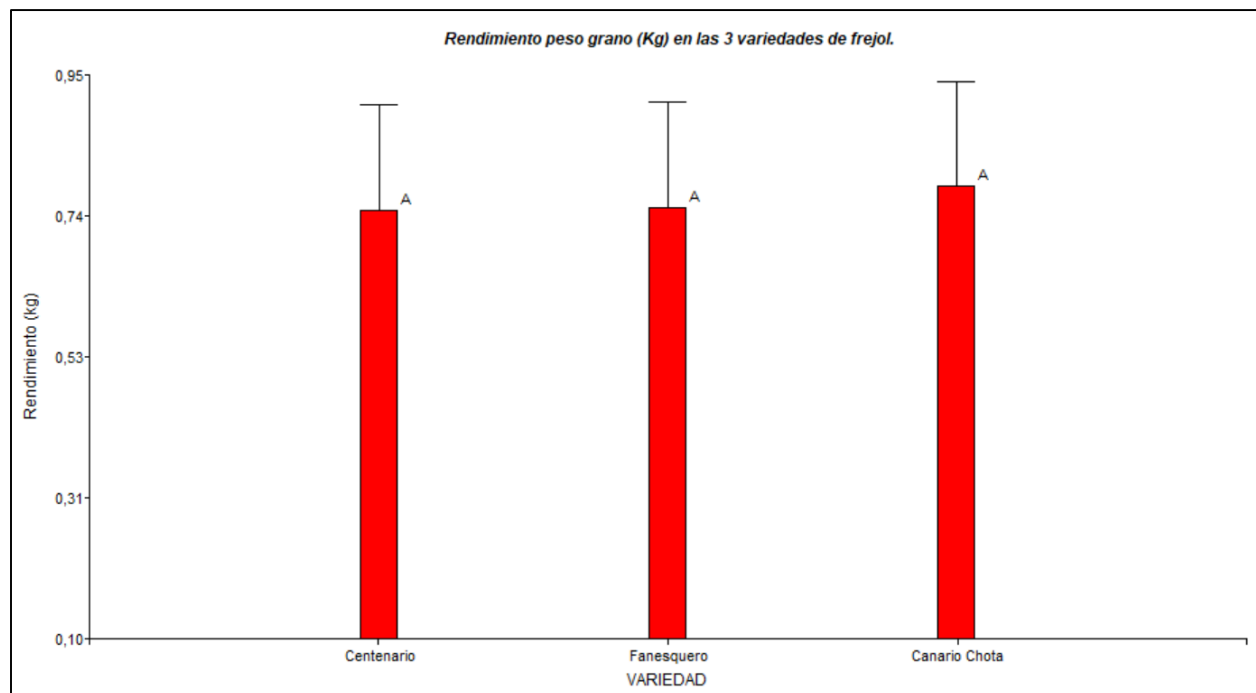


Fuente: (InfoStat 2025)

En la Gráfica 21 se observa el comportamiento del rendimiento del cultivo de fréjol bajo dos sistemas de siembra. El sistema testigo o sin acolchado presentó un rendimiento promedio de 0,55 kg por parcela, mientras que el sistema con acolchado plástico alcanzó un valor promedio de 0,98 kg por parcela. La diferencia absoluta entre ambos sistemas fue de 0,43 kg por parcela, lo que representa un incremento aproximado del 78,2 % a favor del sistema con acolchado plástico. Esta diferencia concuerda con los resultados de la prueba de Tukey al 5 %, en la cual ambos sistemas

se ubicaron en rangos de significación distintos, evidenciando un efecto positivo y estadísticamente significativo del uso de acolchado plástico sobre el rendimiento del cultivo.

Gráfica 22 Rendimiento en grano seco (g/parcela) en las 3 variedades.



Fuente: (InfoStat 2025)

La Gráfica 22 muestra el rendimiento promedio de las tres variedades de fréjol evaluadas. La variedad INIAP-484 “Centenario” presentó un rendimiento promedio de 0,75 kg por parcela, la variedad INIAP-425 “Blanco Fanesquero” también registró 0,75 kg por parcela, mientras que la variedad INIAP-420 “Canario del Chota” alcanzó un valor ligeramente superior de 0,79 kg por parcela. La diferencia máxima observada entre variedades fue de 0,04 kg por parcela, equivalente a un 5,3 %, lo que explica la superposición de las barras de error y la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre variedades según la prueba de Tukey al 5 %.

Tabla 51 Interpretación del rendimiento

Variedad	Con acolchado plástico (kg)	Sin acolchado (kg)
INIAP-420 “Canario del Chota”	0,995	0,576
INIAP-484 “Centenario”	0,825	0,674

INIAP-425 “Blanco Fanesquero”	1,112	0,393
-------------------------------	-------	-------

Elaborado por: (Christian Cajas, 2025)

10.12 RENDIMIENTO EN GRANO SECO CON VAINAS

Tabla 52 Análisis del peso total con vainas por sistema de siembra.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Sistema	1,45	1	1,45	5,79	0,0369
Variedad	0,02	2	0,01	0,03	0,9678
S x V	0,4	2	0,2	0,8	0,4748
Repetición	0,62	2	0,31	1,24	0,3308
Error	2,51	10	0,25		
Total	5	17			

Medias con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$).

El análisis de varianza para la variable rendimiento (Tabla 52), expresada en kilogramos, evidenció que el sistema de siembra influyó significativamente sobre el rendimiento del cultivo ($p = 0,0369$). En contraste, no se registraron diferencias estadísticamente significativas para el efecto de la variedad ($p = 0,9678$), la repetición ($p = 0,3308$) ni para la interacción sistema \times variedad ($p = 0,4748$). Estos resultados indican que el incremento en el rendimiento estuvo asociado principalmente al uso del acolchado plástico, independientemente del material genético evaluado.

10.12.1 Pruebas de tukey al 5% para la variable rendimiento en grano seco con vainas

Tabla 53 Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento en grano seco en los 2 sistemas de siembra.

Sistema de siembra	Media (kg)	Grupo
Sin acolchado	0,71	A
Con acolchado	1,27	B

Medias con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$).

La prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % para el sistema de siembra (Tabla 53) presenta los resultados obtenidos para el rendimiento del cultivo de fréjol bajo dos métodos de producción. El sistema sin acolchado se ubicó en el rango “a”, con un promedio de 0,71 kg por

parcela, mientras que el sistema con acolchado plástico se ubicó en el rango “b”, con un promedio de 1,27 kg por parcela. La diferencia observada entre ambos sistemas fue estadísticamente significativa, evidenciando que el uso de acolchado plástico incrementó el rendimiento del cultivo en comparación con el sistema tradicional sin cobertura.

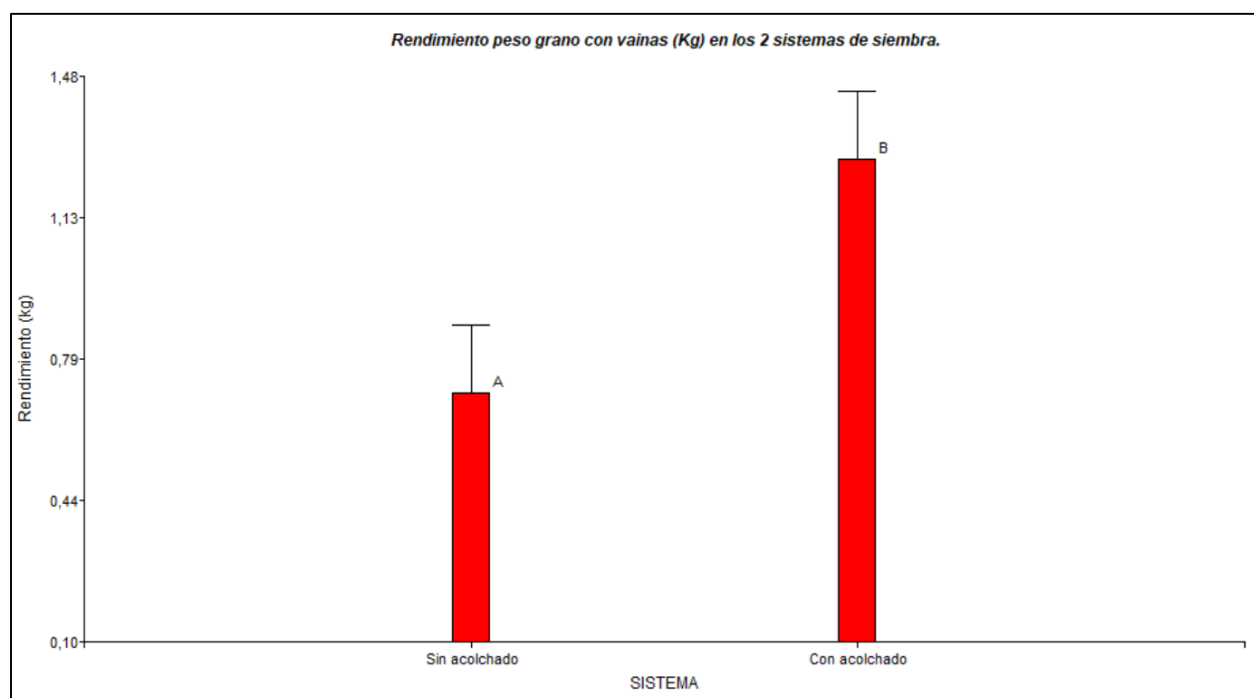
Tabla 54 Análisis del peso total con vainas por variedades

Variedad	Media (kg)	Grupo
Centenario	0,97	A
Fanesquero	0,97	A
Canario Chota	1,03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Tukey al 5 % aplicada a las variedades de fréjol (Tabla 54) muestra que las tres variedades evaluadas se ubicaron dentro del mismo rango de significación estadística (“a”). La variedad Centenario registró un promedio de 0,97 kg por parcela, la variedad Blanco Fanesquero 0,97 kg por parcela y la variedad Canario del Chota 1,03 kg por parcela. Estos resultados indican que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre variedades para la variable rendimiento, aunque se observó una ligera superioridad numérica de la variedad Canario del Chota.

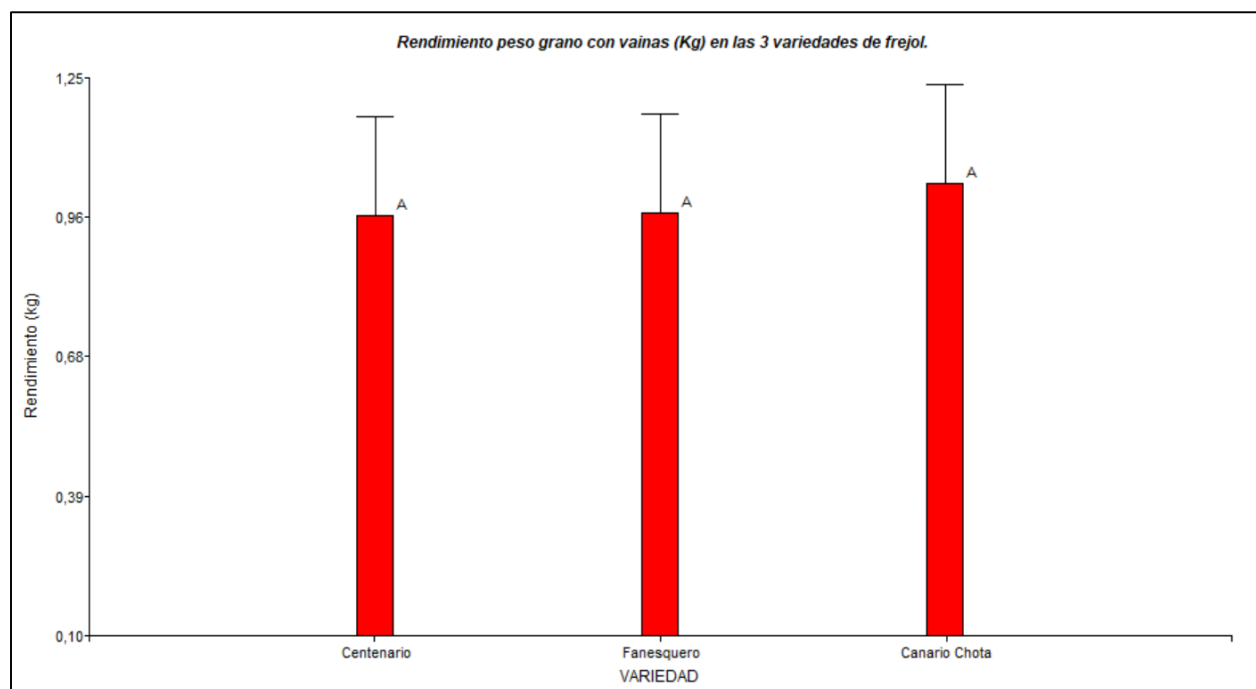
Gráfica 23 Peso promedio con vainas por sistema de siembra.



Fuente: (InfoStat 2025)

En esta (Gráfica 23) se observa que el sistema con acolchado plástico presentó un rendimiento promedio de 1,27 kg por parcela, mientras que el sistema testigo sin acolchado registró un rendimiento de 0,71 kg por parcela. Se manifiesta que el uso del acolchado plástico influyó positivamente en el rendimiento del cultivo, debido a que la película de polietileno modifica el balance energético del suelo, favoreciendo la conservación de la humedad, la regulación de la temperatura y la reducción de pérdidas por evaporación, lo cual se refleja en un mayor crecimiento y acumulación de biomasa del cultivo (Alejo & Gelacio, 2020).

Gráfica 24 *Peso promedio con vainas por variedad.*



Fuente: (InfoStat 2025)

En esta (Gráfica 24) se presenta el rendimiento promedio del cultivo de fréjol en las tres variedades evaluadas. La variedad Canario del Chota alcanzó un rendimiento promedio de 1,03 kg por parcela, seguida por la variedad Centenario con 0,97 kg por parcela y la variedad Blanco Fanesquero con 0,97 kg por parcela. Aunque las diferencias entre variedades no fueron estadísticamente significativas, se observa una ligera superioridad numérica de la variedad Canario del Chota, lo

cual puede atribuirse a su mejor adaptación a las condiciones edafoclimáticas del sitio experimental y a sus características genéticas de rendimiento.

10.13 PESO HECTOLÍTRICO (CALIDAD DE SEMILLA)

Tabla 55 *Análisis de varianza para el peso hectolítrico en el método de acolchado plástico y el método sin acolchado en las tres variedades de fréjol INIAP-420 "Canario del Chota", INIAP-484 "Centenario" e INIAP-425 "Blanco Fanesquero".*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

CV=1,73%

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Sistema	30,94	1	30,94	15,43	0,0028
Variedad	59,86	2	29,93	14,93	0,001
S x V	16,19	2	8,09	4,04	0,0519
Repetición	6,68	2	3,34	1,67	0,2375
Error	20,05	10	2		
Total	133,72	17			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza (Tabla 55) mostró que el modelo estadístico presentó diferencias altamente significativas para la variable peso hectolítrico ($p = 0,0019$). Se registraron diferencias significativas para el efecto del sistema de cultivo ($p = 0,0028$) y de la variedad ($p = 0,0010$), lo que indica que ambos factores influyeron de manera significativa sobre el peso hectolítrico del grano. En contraste, el efecto de la repetición no presentó diferencias significativas ($p = 0,2375$), evidenciando una adecuada uniformidad experimental. La interacción sistema \times variedad mostró un valor de p marginalmente superior al nivel de significancia ($p = 0,0519$), lo que sugiere una tendencia diferencial en la respuesta de las variedades al sistema de cultivo, aunque sin alcanzar significancia estadística al 5%. Estos resultados confirman que el peso hectolítrico es una variable sensible tanto al manejo agronómico como al material genético evaluado.

10.13.1 Pruebas de tukey al 5% para el peso Hectolítrico

Tabla 56 *Prueba de Tukey al 5% para el peso hectolitrico por sistema de siembra*

Sistema	Media (kg/hL)	Grupo
Sin mulching	80.35	A

Con mulching	82.97	B
--------------	-------	---

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

La prueba de comparación de medias de Tukey (tabla 56) confirmó la existencia de diferencias estadísticas significativas entre sistemas de siembra en cuanto al peso hectolítrico. El sistema con acolchado plástico presentó un valor significativamente mayor (82.97 kg/hL) en comparación con el testigo sin mulching (80.35 kg/hL), con una diferencia absoluta de 2.62 kg/hL que representa una ventaja del 3.3% para la tecnología. Ambos sistemas superaron ampliamente el umbral mínimo considerado comercialmente aceptable para fréjol (75 kg/hL), ubicándose en el rango de excelente calidad (>80 kg/hL). Esta superioridad del acolchado sugiere que esta tecnología de manejo sí puede modular positivamente la densidad y el llenado del grano, posiblemente mediante la creación de un microclima más estable que reduce el estrés durante las etapas críticas de formación y maduración de la semilla. La mejora en este atributo es relevante desde el punto de vista de la calidad comercial, ya que granos con mayor peso hectolítrico tienen mejor rendimiento en molienda, mayor vida útil y mejor apariencia, aspectos valorados en mercados premium (Díaz & Santana Baños, 2021).

Tabla 57 Prueba de Tukey al 5% para peso hectolítrico por variedad.

Variedad	Media (kg/hL)	Grupo
Centenario	79.68	A
Fanesquero	81.24	A
Canario Chota	84.08	B

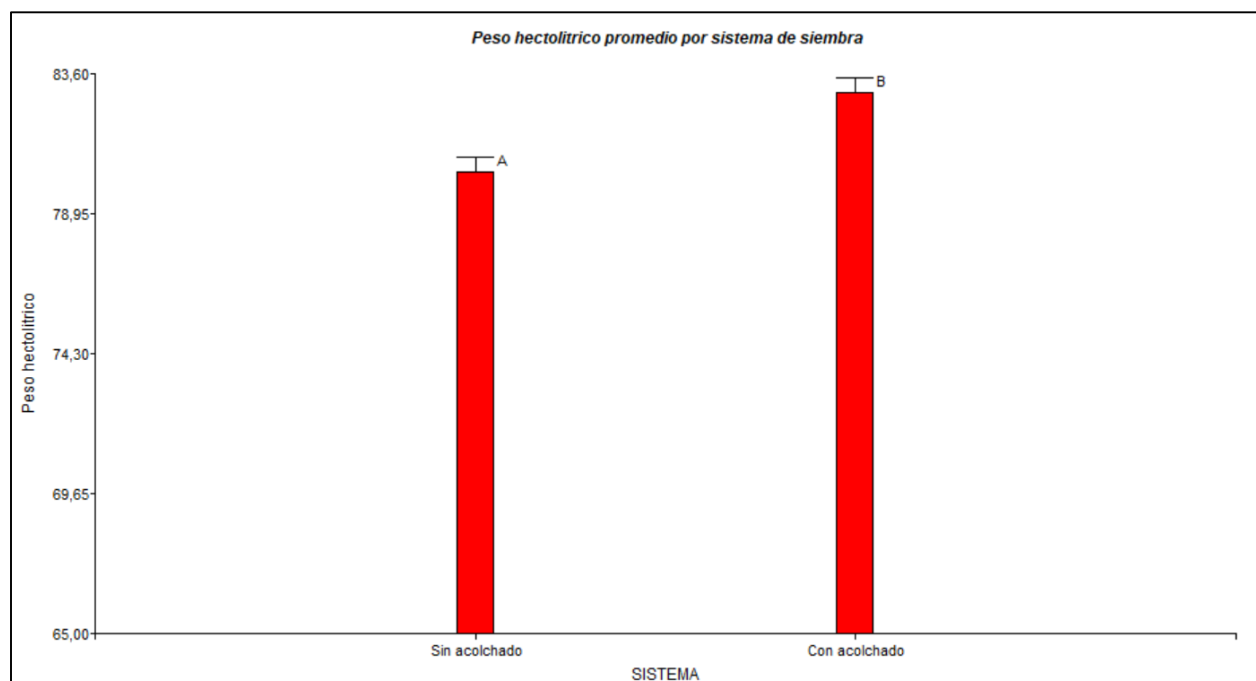
Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

El análisis de comparación de medias mediante la prueba de Tukey (tabla 57) reveló diferencias estadísticas significativas entre variedades para el peso hectolítrico. La variedad INIAP-420 "Canario del Chota" formó un grupo estadístico diferenciado con el valor más alto (84.08 kg/hL), superando significativamente al INIAP-484 "Centenario" (79.68 kg/hL) y al INIAP-425 "Blanco Fanesquero" (81.24 kg/hL), estas dos últimas sin diferencias entre sí. La ventaja del Canario del Chota de 4.40 kg/hL sobre el Centenario representa una superioridad del 5.5% en este parámetro crítico de calidad. Está marcada diferencia refleja características genéticas intrínsecas de cada material, donde el Canario del Chota expresa genes relacionados con un mayor tamaño, densidad

y conformación del grano, características que han sido seleccionadas durante su proceso de mejoramiento para satisfacer requisitos específicos del mercado de exportación y procesamiento industrial. La consistencia de estas diferencias genéticas, observables incluso bajo distintos sistemas de manejo, resalta la importancia de la selección varietal como herramienta fundamental para alcanzar estándares de calidad comercial exigentes (Murillo & Peralta, 2002).

10.13.2 Análisis gráfico del peso Hectolítrico

Gráfica 25 Peso hectolítrico promedio por sistema de siembra.

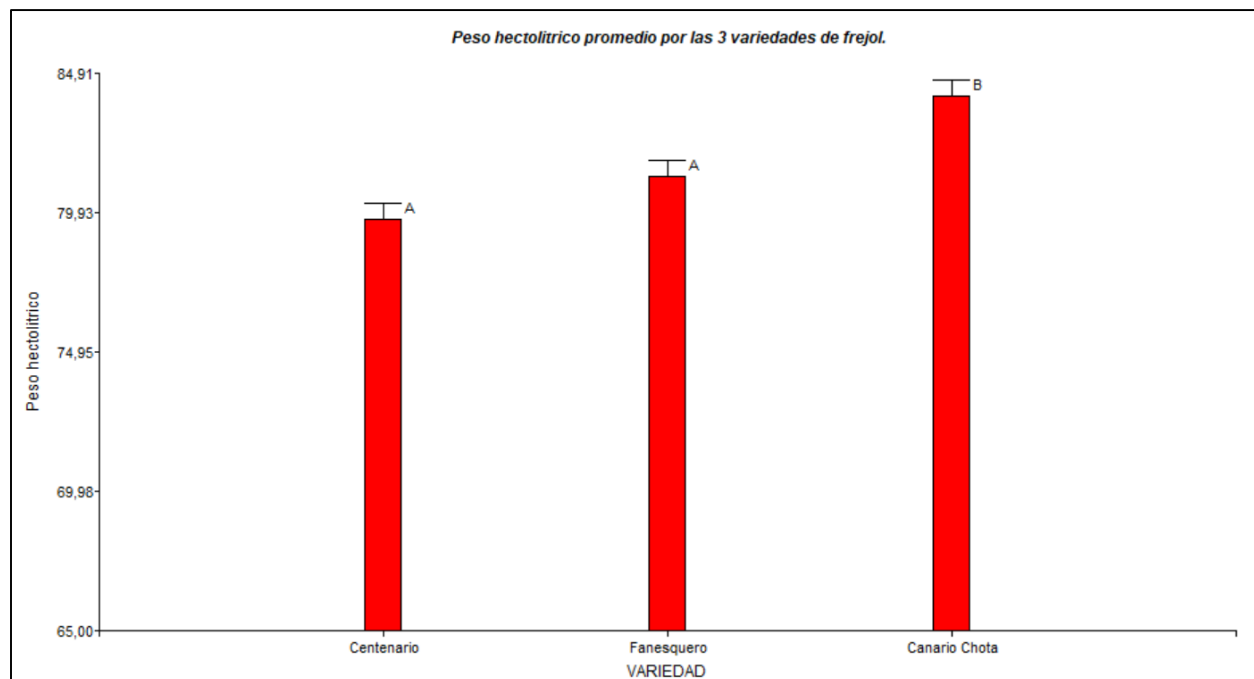


Fuente: (InfoStat 2025)

La Gráfica 25 muestra dos barras con valores de 80.35 y 82.97 kg/hL, respectivamente. Aunque el sistema con acolchado presenta un valor numéricamente superior, la superposición parcial de los intervalos de error refleja la variabilidad en las mediciones. Sin embargo, el análisis estadístico confirma que esta diferencia de 2.62 kg/hL es significativa ($p < 0.05$), indicando que el acolchado plástico sí puede mejorar ligeramente la densidad y el llenado del grano. Este hallazgo es positivo, ya que sugiere que la implementación de esta tecnología no solo no compromete, sino que podría mejorar levemente atributos de calidad comercialmente importantes. Desde una perspectiva práctica, esto refuerza que los agricultores pueden adoptar el acolchado para mejorar rendimientos

y, al mismo tiempo, mantener o incluso aumentar la calidad física del grano, manteniendo así su competitividad en mercados donde estos atributos son valorados (Keller et al., 2020).

Gráfica 26 *Peso hectolítrico promedio por variedad.*



Fuente: (InfoStat 2025)

La Gráfica 26 evidencia claramente la superioridad del "Canario del Chota" (84.08 kg/hL), cuya barra destaca por encima de las correspondientes al "Fanesquero" (81.24 kg/hL) y "Centenario" (79.68 kg/hL). La diferencia visual es corroborada por la prueba estadística que asigna grupos diferentes. Esta ventaja en peso hectolítrico se traduce en mayor densidad y mejor llenado de granos, atributos directamente relacionados con mayor rendimiento en molienda y mejor apariencia comercial. La posición intermedia del "Fanesquero" y los valores relativamente más bajos del "Centenario" siguen siendo considerados dentro del rango comercial aceptable, aunque podrían representar una ligera desventaja en mercados premium donde se exigen estándares de calidad más estrictos.

11 IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

Ambientalmente, la implementación del acolchado plástico negro en el cultivo de fréjol aporta de manera relevante a la conservación hídrica y salud edáfica en condiciones andinas. Esta tecnología

maximiza la eficiencia en el uso del agua al reducir la evaporación hasta en un 85% (Caiza & Zambrano-Mendoza, 2024) recurso crítico en el actual contexto de variabilidad climática. El control efectivo de malezas sin herbicidas disminuye la contaminación de suelos y fuentes acuíferas, promoviendo una producción más limpia. La selección de variedades mejor adaptadas al acolchado, considerando el incremento del 58.2% en vainas por planta observado, reduce la dependencia de insumos externos y fortalece sistemas resilientes acordes con los ecosistemas andinos. El uso de materiales genéticos locales mejorados asegura una producción estable y ambientalmente responsable.

12 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Tabla 58 Presupuesto del proyecto

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1. Preparación del suelo				
Arada y cruza	horas/tractor	3	25	75
Delimitación de camas y trazado	Jornal	7	25	175
Subtotal				250
2. Materia vegetal e insumos				
Semillas certificadas	kg	3	3,5	10,5
Acolchado polimérico negro (rollo 1.5 m x 100 m)	rollo	1	120	120
Fungicida (preventivo/curativo)	Litros	1,5	18	27
Insecticida	Litros	0,5	22	11
Equipo de aplicación (Guantes y mascarillas de protección)	Paquete	1	22	22
Fertilizante	kg	1	30	30
Fundas de papel para muestras	Paquete (100)	5	3,5	17,5
Etiquetas y marcadores	Unidad	50	0,5	25
Costales para cosechas	unidad	20	0,4	8
Subtotal				271
3. Mano de obra				
Instalación del acolchado	Jornal	7	20	140
Siembra manual	Jornal	7	20	140
Deshierba manual	Jornal	2	20	40

Fumigacion manual	Jornal	5	20	100
Cosecha manual	Jornal	2	20	40
Trillado y limpieza manual	Jornal	4	20	80
Aporque	Jornal	2	20	40
Toma de datos en campo (mediciones, conteos)	Jornal	2	20	40
Subtotal				620
4. Equipo y materiales de medicion				
Flexómetro / cinta métrica	Unidad	1	3	3
Calibrador vernier	Unidad	1	5	5
Balanza digital (0.01 g)	Unidad	1	35	35
Probeta (1 L) para peso hectolítrico	Unidad	1	5	5
Regla graduada	Unidad	1	3	3
Libretas de campo	Unidad	1	3	3
Fundas de papel	Unidad	300	0,35	105
Lápiz	Unidad	1	1	1
Subtotal				160
Total				1301
4. Seguimiento INIAP				
Transporte de insumos al Campus Salache	viaje	15	10	150
Movilización para seguimiento o evaluaciones de las tesis (UTC–INIAP)	jornal	120	20	2400
Subtotal				2550
SUBTOTAL GENERAL				3851
Imprevistos (10%)				385,1
TOTAL				4236,1

Elaborado por: (Christian Cajas, 2025)

13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se identificó el sistema de siembra con mulching polimérico negro presentó el mejor comportamiento agronómico del cultivo de fréjol en el Campus Salache, al incrementar el vigor vegetativo en un 28 %, aumentar la altura de planta hasta en 11,20 cm (≈ 41 % a los 75 días) y reducir la incidencia de acame a valores menores al 6 %. La variedad INIAP-420 “Canario del Chota” fue identificada como la de mejor comportamiento agronómico, al registrar una incidencia de acame del 5,42 %, evidenciando mayor estabilidad estructural y adaptación a las condiciones del sitio experimental.

- La influencia del mulching polimérico negro incrementó significativamente el rendimiento del cultivo de fréjol, alcanzando un promedio de 0,98 kg/parcela, frente a 0,55 kg/parcela en el sistema sin acolchado, lo que representó un incremento del 78 %. Este aumento estuvo asociado a un 55 % más de vainas por planta y un 32 % de incremento en el peso total con vainas. La variedad INIAP-420 “Canario del Chota” presentó el mayor rendimiento en grano seco (0,79 kg/parcela), confirmando su mejor desempeño productivo bajo las condiciones evaluadas.

14 RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar el comportamiento de estas variedades bajo condiciones de estrés hídrico controlado en combinación con el acolchado. Dado que uno de los principales beneficios teóricos del mulch es la conservación de la humedad del suelo, un estudio que mida la respuesta fisiológica (tasa fotosintética, contenido relativo de agua en la hoja) y productiva de las variedades INIAP-420 "Canario del Chota" e INIAP-484 "Centenario" las de mejor desempeño bajo diferentes regímenes de riego, permitiría cuantificar su verdadera eficiencia en el uso del agua y su potencial para sistemas agrícolas resilientes ante la sequía en la zona andina.
- Se recomienda evaluar el efecto del sistema de acolchado en la calidad nutricional y funcional del grano de las variedades de mejor desempeño. Un estudio complementario debería analizar, mediante métodos de laboratorio, parámetros como el contenido de proteína, hierro, zinc y antioxidantes en los granos producidos con y sin mulch. Esto permitiría determinar si la tecnología, además de aumentar el rendimiento, mejora o mantiene el valor nutricional del frijol, un aspecto crucial para la seguridad alimentaria de las familias agricultoras que consumen su propia producción.

15 BIBLIOGRAFÍA

Acosta Villacis, T. M. (2022). Evaluación de tres colores de acolchado plástico para la producción de fresa (*Fragaria x Ananassa*), variedad Albión, en la parroquia Montalvo, provincia de Tungurahua. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36102>

- Alcivar Mora, R. A. (2016). Estudio de la producción con tres variedades en fréjol *Phaseolus vulgaris* L. y cuatro distanciamientos de siembra. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/11546>
- Almachi Quinatoa, J. A. (2024). Evaluación de tres distintos métodos de producción con tres variedades de frejol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* l.) INIAP-420, INIAP-425 y INIAP-484, en el campus CEASA 2023. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11672>
- Arcos Granja, M. B. (2024). Determinación de las propiedades físico-químicas del suelo, mediante el uso de técnicas básicas del laboratorio de suelos, del lote seis en la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache, provincia de Cotopaxi 2023. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11710>
- Ayala & Santiago. (2018). Evaluación del rendimiento de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad INIAP 484 centenario, bajo fertilización química, micronutrientes, y orgánica más *Rhizobium* sp. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>
- Baque Jaime, M. A. (2014). Adaptación de 26 líneas avanzadas de fréjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.), asociado con maíz (*Zea mays* L.) en el campo Docente Experimental La Tola, Tumbaco, Pichincha. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>
- Bejarano López, C. R., & Méndez Cevallos, H. J. (2011). Fertilización orgánica comparada con la fertilización química en el cultivo de fréjol (*phaseolus vulgaris*), para minimizar el efecto de degradación del suelo [bachelorThesis, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/224>
- Caiza, C. A. S., Subía-García, C. R., López-Guerrero, V., Racines-Jaramillo, M., Pincay-Verdezoto, A., & Park, C. H. (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. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 16(2), 13-13. (Sierra region of Ecuador). <https://doi.org/10.18272/aci.v16i2.3290>
- Caiza, C. A. S., & Zambrano-Mendoza, J. L. (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. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 16(2), 13-13. (Sierra region of Ecuador). <https://doi.org/10.18272/aci.v16i2.3290>
- Campos Bajaña. (2022). Efecto de tres fertilizantes orgánicos en el comportamiento agronómico del cultivo del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L) en el Recinto Calope de Garrido Cantón Pangua Provincia de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/3c1377ca-53bf-4ac4-840b-ff1313c8dbf2>
- Canacuán Lechón, M. E. (2019). Evaluación agronómica del cultivo de fréjol arbustivo (*phaseolus vulgaris* l.) var. Paragachi Bajo el método Biointensivo, cantón Antonio Ante [bachelorThesis, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9855>

- Cando Changoluiza, L. P. (2025). Evaluación comparativa del comportamiento y rendimiento agronómico de las tres variedades de frejol arbustivo sin guía (*Phaseolus vulgaris* L.) INIAP-420 canario del Chota, iniap-484 Centenario e INIAP-425 Blanco Fanesquero con la utilización de la metodología de acolchado plástico en el Campus Salache. [Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/15069>
- Carrera, Karina Alexandra. (2021). Evaluación de dosis de NPK vs densidad de siembra en el cultivo de Frejol “cuarentón” (*Phaseolus vulgaris* L) durante época lluviosa. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/fc1cf84c-3e92-424d-9c9d-68b621e90109>
- Centeno, P., & Alexander, F. (2021). Evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales para el control de roya (*Uromyces appendiculatus* P.) en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.). <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32264>
- Cevallos Vallejos, S. R. (2016). Comportamiento agronómico del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad rojo del valle, en monocultivo y en sistemas agroforestales en la parroquia Peñaherrera—Cantón Cotacachi [bachelorThesis, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5339>
- Chamorro Pozo, S. D. (2024). Evaluación agroeconómica y contenido nutricional de fréjol arbustivo (*Phaseolus Vulgaris* L.), bajo la aplicación de bioestimulantes en Chaltura [bachelorThesis, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16072>
- Cornelio Chimborazo, M. M. (2015). Adaptabilidad de cinco variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*), en la finca Angamarca la vieja del cantón Pangua, provincia de Cotopaxi año 2013. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3551>
- Cuenca Ll., C., & Minchala G., E. (1987). Control químico de malezas en el cultivo asociado maíz-frejol (*Zea mays* L.-*Phaseolus vulgaris* L.) en dos zonas del valle de Yunguilla [bachelorThesis]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/17594>
- Díaz, D. A. V. (2021). DECLARACIÓN DE AUTORÍA.
- Diaz Quilca, M. C. (2021). Evaluación agronómica de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) mixturado bajo un sistema agroecológico en la Granja Experimental, La Pradera [bachelorThesis, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11526>
- Dumas Verduga, F. E. (2022). Información nutricional y actividad biológica del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34927>
- Elías, R. V. (1991). Fenología y fenometría de una variedad y una línea de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la zona occidental de El Salvador. *Agronomía Mesoamericana*, 56-60. <https://doi.org/10.15517/am.v2i0.25224>

- Erazo Escobar, Z. J. (2011). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de fréjol para la región norte, en Pimampiro [bachelorThesis, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/924>
- Fabian & Janeth. (2023). Rentabilidad de cultivos en rotación bajo dos sistemas de labranza de suelo en el valle de Tumbaco, Ecuador. *Siembra*, 10(2), e4552. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.4552>
- Flores Ortiz, A. C. (2023). Evaluación de plagas en fréjol (*Phaseolus Vulgaris L.*) variedad mixturiado bajo un sistema de manejo agroecológico en la Granja Experimental La Pradera, Chaltura [bachelorThesis, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14003>
- Galarza Baque, J. R., & Jami Caluña, L. M. (2023). Respuesta agronómica del frijol cuarentón (*Phaseolus vulgaris L.*) con abonos orgánicos en dos pisos climáticos diferentes. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10085>
- Galarza, C. R. (2021). DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL. *CienciAmérica: Revista de Divulgación Científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 10(1). https://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/367/3672094001/html/index.html?utm_source=chatgpt.com
- García, J. N. R. (2022). Requisito parcial para la obtención del título de:
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). Statistical procedures for agricultural research. *Statistical Procedures for Agricultural Research with Emphasis on Rice*. https://agris.fao.org/search/en/records/65ddf0374c5aef494fd7a8f5?utm_source=chatgpt.com
- Guamán, A. M. E. (2019). Determinación de la Eficiencia Energética del cultivo de frejol, bajo dos densidades y tres fertilizaciones en el CADET – Tumbaco.
- Guamán, R. N. G., Vera, T. X. D., Abril, Á. F. V., Cortázar, S. M. U., & Salguero, E. J. R. (2020). Adaptabilidad de cuatro variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) en la parroquia Luz de América—Ecuador. *Siembra*, 7(1), 001-011.
- Herrera Toapanta, L. M. (2022). Caracterización de suelos mediante la técnica de cromatografía en papel en el Área de Influencia del Sistema de Agua de Riego Canal Central Toacaso, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9123>
- Holguín Caicedo. (2015). Evaluación del rendimiento de dos variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris l.*), en tres densidades de siembra en el recinto chipe hamburgo N°2 del cantón La Maná, provincia de Cotopaxi 2013. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/65135dbb-9c67-4ef7-b1d0-975f80279404>
- Jama, L. L. O., & Alvia, S. A. S. (2025). MANABÍ 001 EN LA FINCA EXPERIMENTAL LODANA.

- Lascano Manzo, Z. N. (2011). Efecto de densidad de siembra en el cultivo de frejol rojo (*Phaseolus vulgaris* L) en el cantón Ventanas. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4689>
- Lépez I., R., Ramón, M. T., & Ullari Rodríguez, J. (1996). El cultivo de fréjol común en los valles de la provincia de Loja: Agronomía y manejo de plagas. <http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/506>
- Levin, R., David Rubin, Balderas, Del Valle, & Gómez. (2004). Estadística para administración y economía \ (7.^a ed.). Pearson Educación.
- Lisseth, S. C. V. (2021). DECLARACIÓN DE AUTORIA Y SESIÓN DE DERECHOS.
- López Córdova, P. D. (2019). Análisis de secuencias de marcadores moleculares de introgresión en variedades de origen andino y mesoaméricas de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) [bachelorThesis, Quito: Universidad de las Américas, 2019]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10826>
- Martínez Gaibor, R. D., & Segovia Marmolejo, J. G. (2021). “Respuestas agronómica de cuatro variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) asociadas con el cultivo de café”. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7721>
- Michelle Flores, N. (2018). HOLY SOCKS: Creación de marca y campaña publicitaria para medias con diseño y aporte social [bachelorThesis, Quito]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7854>
- Muasya, R. M. (2001). Crop physiological analysis of seed quality variation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). https://agris.fao.org/search/es/records/669f6956a4dac527f930bcb6?utm_source=chatgpt.com
- Murillo I., A., Peralta I., E., Mazón, N., & Pinzón Z., J. (2004). INIAP-425 Blanco Fanesquero: Variedad mejorada de frejol arbustivo para consumo en grano tierno. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2610>
- Murillo I., A., Peralta I., E., Mazón, N., & Pinzón Z., J. (2005). INIAP-420 Canario del Chota: Variedad mejorada de frejol arbustivo de color amarillo. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2612>
- Murillo I., A., Peralta I., E., Mazón, N., Rodríguez Ortega, D. G., & Pinzón Z., J. (2012). INIAP-484 Centenario: Variedad de fréjol arbustivo con resistencia múltiple a enfermedades. <http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/384>
- Murillo Mejillón, R. F. (2023). Evaluación del ciclo productivo de *Phaseolus vulgaris* L., inoculado con biofertilizantes. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9747>
- Olaya Leon, A. S. (2021). Viabilidad de semillas de seis variedades de frejol (*phaseolus vulgaris* l.) mediante pruebas de tetrazolio. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/17486>

- Orbea Troncoso, L. E. (2013). Fertilización Química Nitrogenada en la Producción de Frejol (*Phaseolus Vulgaris*). Valencia, 2013. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/286>
- Peralta I., E., Murillo I., A., Dávila, A., & Castro Moreno, P. A. (2008). Selección de líneas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) con resistencia a sequía y pudriciones de raíz mediante el uso de marcadores moleculares y métodos convencionales. <http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/877>
- Peralta I., E., Murillo I., A., Falconí-Castillo, E., Mazón, N., & Pinzón Z., J. (2007). Manual de campo para el reconocimiento y control de las enfermedades más importantes que afectan al cultivo del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Ecuador. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2706>
- Rodríguez, D., Beaver, J., Estévez de Jensen, C., & Porch, T. (2019). Identification of resistance sources of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to angular leaf spot (*Pseudocercospora griseola*). <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5334>
- Rodríguez Ortega, D. G., Vega Jiménez, L. E., Murillo I., A., Peralta I., E., & Rosas Sotomayor, J. C. (2018). Variabilidad patogénica de *Colletotrichum lindemuthianum* y resistencia en germoplasma de *Phaseolus vulgaris* L. de Ecuador. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4805>
- Rojas Mestanza, E. del R. (2019). Control de malezas con tres herbicidas en el cultivo de fréjol *Phaseolus vulgaris* L. en la zona de Ventanas, provincia de Los Ríos. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/40884>
- Tabango Méndez, E. 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 [bachelorThesis, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11168>
- Taday-Valdez, G., Cajamarca-Crespo, K., Gálvez-Palomeque, P., & Luna-Romero, Á. (2024). Evaluación del rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* l.) Bajo condiciones de Mulch plástico, Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 7(1). <https://doi.org/10.62452/3xmmyf38>
- Tamayo Romero, V. R. (2011). Comportamiento agronómico de cinco de cinco cultivares de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.). <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2225>
- Tello Cabrera, C. L., & Del Valle Diez, N. (2018). Evaluación de las respuestas al déficit hídrico de leguminosas de interés comercial en el Ecuador [Thesis, ESPOL, FCV.]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51550>
- Villalba Yáñez, J. D. (2017). Desarrollo fenológico del cultivo del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Cargabello en el cantón Bucay provincia del Guayas. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25091>

- Vinces Granda, R. A. (2020). Comportamiento morfo-agroproductivo de diferentes cultivares de fréjol común (*Phaseolus vulgaris*) en las condiciones edafoclimáticas de la granja Santa Inés. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16153>
- Zambrano, J. L., Cartagena Ayala, Y. E., Sangoquiza Caiza, C. A., López, V., Parra, R., Maiguashca, J. A., Rivadeneira García, J. L., & Park, C. H. (2022). Evaluación del acolchado plástico en la producción de maíz harinoso (*Zea mays* L. var. *Amylacea* St.) en la Sierra del Ecuador. Quito, EC: INIAP-EESC, 2022. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5887>
- Zamora Cevallos, F. V. (2014). Evaluar la adaptabilidad de cinco variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) en el campo experimental La Playita UTC – La Maná. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3537>