



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

**EVALUACIÓN EN DRENCH DE TE DE ESTIÉRCOL COMO ALTERNATIVA
DE LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DEL CULTIVO DE FRÉJOL (*Phaseolus
vulgaris*)”**

AUTOR: DANNY ANDRE CORDOVA LUZURIAGA

TUTOR: EDMUNDO RENÉ RECALDE POSSO

IBARRA-ECUADOR

ABRIL, 2025

Ibarra, 22 de abril 2025

Magister

Moraima Mera

DIRECTORA DE LA ESCUELA ECAA

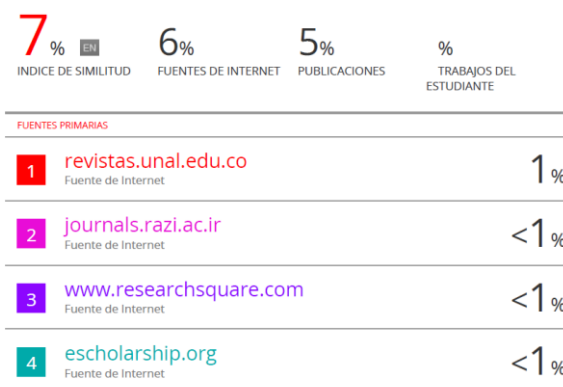
De mi consideración:

Mediante el presente, tengo a bien certificar que el **trabajo de titulación** del estudiante: Danny André Córdova Luzuriaga con el tema: Evaluación en drench de té de estiércol como alternativa de la producción sostenible del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*).

Una vez analizado por la herramienta de detección de coincidencias y prevención del plagio académico utilizada por la institución, **TURNITIN**, obtiene el **7%** de coincidencia.

Por lo que se encuentra en el rango establecido de acuerdo a los criterios de valoración del porcentaje de similitud establecidos por la PUCE.

Captura:



PhD Edmundo René Recalde Posso

C.I. 1001774494

FECHA: 22 de abril del 2025

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



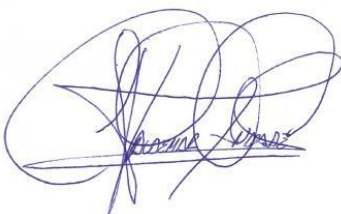
PhD. Edmundo René Recalde Posso

C.C.: 1001774494



PhD. Jhenny Marlene Cayambe Terán

C.C.: 1721122370



PhD. ANDRADE CADENA JOSE VALDEMAR

C.C.: 1001927167

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Danny André Córdova Luzuriaga declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 22 de abril del 2025

f): 

DANNY ANDRE CORDOVA LUZURIAGA

C.C.: 1003495023

AUTORÍA

Yo, Danny André Córdova Luzuriaga, portador de la cédula de ciudadanía N°1004592828, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f): ...



DANNY ANDRE CORDOVA LUZURIAGA

C.C.: 1003495023


DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo. DANNY ANDRE CORDOVA LUZURIAGA, con C.C.: 1003495023, autor del trabajo de grado titulado: EVALUACIÓN EN DRENCH DE TE DE ESTIÉRCOL COMO ALTERNATIVA DE LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DEL CULTIVO DE FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris*)”previo a la obtención del título profesional de Ingeniero Agropecuario, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE SI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ibarra, 22 de abril del 2025

f):  ..

DANNY ANDRE CORDOVA LUZURIAGA

C.C.: 1003495023

DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación EVALUACIÓN EN DRENCH DE TE DE ESTIÉRCOL COMO ALTERNATIVA DE LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DEL CULTIVO DE FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris*)” lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 22 de abril del 2025.

Para constancia firma:

f):  .

Danny André Córdova Luzuriaga

Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación

C.C/ Pasaporte: 1003495023

Carrera: Agropecuaria

Ibarra, 22 de abril del 2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, Jorge Córdova y Ligia Luzuriaga, cuyo apoyo incondicional ha sido fundamental en cada etapa de este proceso académico. Sin su constante aliento, guía y sacrificio, alcanzar este logro habría sido imposible. A ellos les debo mi más profundo agradecimiento y reconocimiento.

Asimismo, quiero expresar un agradecimiento especial a mi abuelita, Adelinda Aymar, cuyas sabias palabras y amorosa guía han sido una inspiración constante en mi vida. Gracias por motivarme a esforzarme siempre por alcanzar mis metas y por ser un faro de sabiduría y afecto a lo largo de mi carrera académica.

Este trabajo no solo representa mi esfuerzo personal, sino también el resultado del apoyo generoso y la influencia positiva de estas personas excepcionales en mi vida. A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

DANNY ANDRE CORDOVA LUZURIAGA

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a aquellos que hicieron posible la culminación de este trabajo de investigación. En primer lugar, agradezco profundamente al Dr. Edwin del Pozo, cuya guía experta, estímulo intelectual y dedicación incansable fueron cruciales para dar forma y profundidad a este estudio. Sus consejos han sido invaluableles y han enriquecido enormemente mi comprensión del tema.

Asimismo, reconozco con gratitud a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador por proporcionar el entorno académico propicio y los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación de manera efectiva. La infraestructura y el apoyo técnico brindado fueron fundamentales para la recopilación y análisis de datos que sustentan este trabajo.

No puedo pasar por alto el apoyo constante y alentador de mi familia y amigos, cuya paciencia y comprensión fueron el pilar sobre el cual construí este proyecto. Su apoyo emocional fue una fuente de motivación constante durante todo el proceso.

Además, deseo expresar mi gratitud a todos los participantes de este estudio, cuya colaboración generosa y valiosa contribución fueron esenciales para alcanzar conclusiones significativas.

En resumen, este trabajo no habría sido posible sin la generosidad, apoyo y guía de todas estas personas y entidades. Estoy profundamente agradecido por haber tenido el privilegio de llevar a cabo esta investigación y por todo lo que he aprendido en el camino.

DANNY ANDRE CORDOVA LUZURIAGA

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO I	20
INTRODUCCIÓN	20
CAPÍTULO II	22
OBJETIVOS	22
2.1. Objetivo general	22
2.2. Objetivos específicos	22
2.3. Hipótesis	22
CAPÍTULO III	23
ESTADO DEL ARTE	23
3.1. Estiércol de ovino como abono orgánico en cultivos	23
3.2. El estiércol de ovino como fertilizante líquido tipo té	25
3.3. Té de estiércol	26
3.4. Los nutrientes de los bioles de estiércol de ovino	27
3.3. Fertirrigación con bioles líquidos en los cultivos	28
3.4.1. Origen y distribución geográfica	29
3.4. Agroecología de los cultivos	31
3.5. Zonas de producción del fréjol en el Ecuador	31
3.6. Propiedades nutritivas del fréjol	33
3.7. Necesidades nutritivas del cultivo de fréjol	34
3.7.1. Requerimientos de macronutrientes del cultivo de fréjol	34
3.7.2. Requerimientos de micronutrientes del cultivo de fréjol	34
3.8. La Materia orgánica en los suelos	35
3.9. Necesidades hídricas del cultivo fréjol	35
3.10. Cálculo de las necesidades hídricas para el cultivo de fréjol	36
3.11. Cálculo de lámina de riego para el cultivo de fréjol	37
	10

3.12.	Diseño agronómico para el cultivo de fréjol	37
3.13.	Diseño hidráulico para el cultivo de fréjol	38
3.14.	Materia orgánica en el cultivo de fréjol	39
3.14.1.	Abonos orgánicos utilizados en el cultivo de fréjol	39
3.14.2.	Abonos orgánicos líquidos utilizados en el cultivo de fréjol	39
3.14.3.	Abono orgánico a base de Ovinaza	40
3.14.4.	Té de estiércol de ovino	40
3.14.5.	Técnicas de aplicación del té de estiércol	41
3.15.	Comparación de rendimientos	41
CAPÍTULO IV		42
MATERIALES Y MÉTODOS		42
4.1.	Descripción de área de estudio	42
4.1.1.	Ubicación	42
4.1.1.1.	Condiciones agroclimáticas	43
4.2.	Materiales	44
4.2.2.	Materiales de campo	44
4.2.3.	Equipos	44
4.2.4.	Insumos	45
4.2.5.	Software	45
4.2.6.	Material vegetativo	45
4.3.	Diseño de estudio	45
4.3.1.	Tipo de investigación	45
4.3.2.	Variables	46
4.3.3.	Diseño experimental	48
4.3.4.	Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA)	48
4.4.	Manejo del experimento	49
4.4.1.	Etapas de campo	50
4.4.2.	Unidades experimentales	52
4.4.3.	Tamaño de la unidad experimental	53

4.4.4.	Esquema del ANOVA	56
4.4.5.	Esquema del ADEVA	57
4.4.6.	Análisis funcional	57
4.3.2.	Etapa de gabinete	65
4.1.1.	Procesamiento de la información	66
CAPÍTULO V		67
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		67
5.1.	Análisis de normalidad y homogeneidad de las variables	67
5.1.1.	Altura de planta de fréjol a la floración	67
5.1.2.	Días a la floración de la planta de fréjol	70
5.1.3.	Días a la formación de granos	72
5.1.4.	Número de granos por planta	75
5.1.5.	Número de granos por plantas	79
5.1.6.	Peso de 100 semillas de fréjol	82
5.2.	Variable dependiente Rendimiento	85
CONCLUSIONES		89
RECOMENDACIONES		90
REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA		91
ANEXOS		101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Características meteorológicas para el cultivo	29
Tabla 2.	Distribución geográfica del fréjol en el Ecuador	30
Tabla 3.	Zonas de producción de fréjol en Ecuador	32
Tabla 4.	Contenido nutricional del fréjol	33
Tabla 5.	Macronutrientes necesarios	34
Tabla 6.	Micronutrientes necesarios	35
Tabla 7.	Formas de aplicación	41
		12

Tabla 8. Ubicación geográfica del experimento	43
Tabla 9. Tratamientos	54
Tabla 10. Esquema del ANOVA Esquema del ANOVA utilizado en el experimento	56
Tabla 11. Esquema del ADEVADEVA Esquema del ADEVA	57
Tabla 12. Simbología y descripción de los tratamientos aplicados	63
Tabla 13. Análisis de varianza de la variable dependiente: días a la floración de la planta de fréjol	70
Tabla 14. Análisis de varianza la variable dependiente Días a la formación de granos	73
Tabla 15. Análisis de varianza la variable dependiente Número de granos por planta	76
Tabla 16. Análisis de varianza de número de granos por planta	79
Tabla 17. Análisis de varianza la variable dependiente peso 100 semillas de fréjol	82
Tabla 18. Análisis de varianza la variable dependiente rendimiento de fréjol	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de ensayo de cultivo de fréjol	41
Figura 2. Diseño de parcela absoluta de investigación	50
Figura 3. Diseño de unida experimental	51
Figura 4. Superficie de unidades experimentales	52
Figura 5. Comparación tratamiento con altura planta de fréjol a la floración (cm)	67
Figura 6. Comparación de medias días a la floración de la planta de fréjol	70
Figura 7. Comparación de medias de la variable: días a la formación de vainas	73
Figura 8. Análisis de comparación de medias del número de vainas por planta	76
Figura 9. Comparación de medias de la variable: número de granos por planta	79
Figura 10. Comparación de medias de la variable: peso 100 semillas de fréjol	82
Figura 11. Comparación de medias de la variable: rendimiento de fréjol kg/ha	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo	100
Anexo 2. Análisis de te estiércol de ovino	101
Anexo 3. Toma de muestra de suelo	102
Anexo 4. Trazado de parcelas	103
Anexo 5. Trazado de unidades experimentales	104
Anexo 6. Establecimiento de surcos	104
Anexo 7. Pesado de semilla en balanza gramera digital	105
Anexo 8. Dosificación del té de estiércol de ovino	105
Anexo 9. Mezcla de estiércol de ovino	106
Anexo 10. Aplicación con regadera del té de estiércol de ovino	106
Anexo 11. Labores culturales en cultivo de fréjol	107
Anexo 12. Medición de altura de planta	107
Anexo 13. Labores culturales de deshierba	108
Anexo 14. Medición de altura de planta de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	108
Anexo 15. Medición de altura del tratamiento testigo	109
Anexo 16. Medición del tratamiento con fertilización Mineral	109
Anexo 17. Fertilización mineral en unidad experimental del fréjol	110
Anexo 18. Cosecha del fréjol	110
Anexo 19. Conteo de número de vainas	111
Anexo 20. Pesado de 100 granos de fréjol	111
Anexo 21. Floración del fréjol	112
Anexo 22. Resume de datos estadísticos de las variables dependientes en estudio	113

RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de diferentes fuentes de fertilización en el cultivo de *Phaseolus vulgaris*, comparando té de estiércol ovino (T1, T2, T3), fertilizante mineral (T4) y un testigo sin fertilización (T5). Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, empleando parcelas de 10 m² cada una. Para validar los datos, se aplicaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas de Levene, lo que permitió el uso de análisis paramétricos. Se evaluaron las variables: altura de planta a la floración, días a la floración, días a la formación de granos, número de granos por planta y rendimiento. El análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) mostraron diferencias altamente significativas en altura de planta ($F=65,36$; $p<0,0001$; $CV=2,61\%$). El tratamiento con fertilizante mineral (T4) obtuvo los mejores resultados en altura (42,5 cm), número de vainas (14,2 por planta) y número de granos (32,1 por planta), superando significativamente a los demás tratamientos. Sin embargo, el tratamiento T3, correspondiente al té de estiércol en mayor concentración, mostró un rendimiento cercano (1,8 t/ha) al del fertilizante mineral (2,1 t/ha), lo que evidencia su potencial como alternativa. Se concluye que tanto el fertilizante mineral como el té de estiércol ovino a alta concentración mejoran significativamente el crecimiento y la productividad del cultivo, siendo este último una opción sostenible, accesible y favorable para la conservación del suelo y la reducción de insumos químicos, aspectos clave en la resiliencia de los sistemas agrícolas.

Palabras clave: biofertilizantes, suelo agrícola, té de estiércol, productividad vegetal. Eficiencia del cultivo.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of different fertilization sources on the cultivation of *Phaseolus vulgaris*, comparing sheep manure tea (T1, T2, T3), mineral fertilizer (T4), and a non-fertilized control (T5). A completely randomized block design was used with five treatments and four replications, employing plots of 10 m² each. To validate the data, Shapiro-Wilk normality and Levene's homogeneity of variance tests were applied, enabling the use of parametric analyses. The evaluated variables included: plant height at flowering, days to flowering, days to grain formation, number of grains per plant, and yield. Analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test ($\alpha=0.05$) showed highly significant differences in plant height ($F=65.36$; $p<0.0001$; $CV=2.61\%$). The mineral fertilizer treatment (T4) achieved the best results in plant height (42.5 cm), number of pods (14.2 per plant), and number of grains (32.1 per plant), significantly outperforming the other treatments. However, treatment T3, corresponding to the highest concentration of manure tea, showed a comparable yield (1.8 t/ha) to that of mineral fertilizer (2.1 t/ha), demonstrating its potential as an alternative. It is concluded that both mineral fertilizer and high-concentration sheep manure tea significantly enhance the growth and productivity of the crop, with the latter representing a sustainable, accessible, and soil-friendly option that contributes to reducing chemical inputs—key factors in strengthening the resilience of agricultural systems.

Keywords: biofertilizers, agricultural soil, manure tea, plant productivity, crop efficiency.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna enfrenta el reto de aumentar el rendimiento de los cultivos sin comprometer la sostenibilidad del suelo ni el equilibrio ambiental. En este contexto, Aguiñaga et al. (2020), destacan que el uso de fertilizantes orgánicos, como el té de estiércol de ovino, se ha convertido en una alternativa viable para mejorar la fertilidad del suelo y la productividad agrícola, especialmente en cultivos de alto valor nutricional como el fréjol (*Phaseolus vulgaris*).

El fréjol es un alimento esencial en la dieta de la población ecuatoriana y representa una fuente asequible de proteínas vegetales. Según Vásquez et al. (2024), su importancia radica tanto en su valor nutricional como en su aporte a la seguridad alimentaria de las comunidades rurales. No obstante, el uso excesivo de fertilizantes químicos ha contribuido al deterioro progresivo de las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, afectando negativamente la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y reduciendo el rendimiento de los cultivos.

En el caso del Ecuador, la agricultura representa el 8,5% del Producto Interno Bruto (PIB), consolidándose como el sexto sector con mayor aporte a la economía nacional (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2022). En cuanto al cultivo de fréjol, se registró una producción superior a las 7.000 toneladas anuales, siendo las provincias de Imbabura y Carchi las principales zonas productoras. Por otro lado, el crecimiento poblacional anual del 1,2% (INEC, 2021) exige un incremento proporcional en la producción de alimentos, lo cual plantea la necesidad de mejorar el rendimiento agrícola sin ampliar la frontera agrícola.

Frente a esta problemática, se planteó como objetivo general de este estudio evaluar el efecto del uso de té de estiércol en el rendimiento del cultivo de fréjol, mediante su aplicación de regadera, como alternativa de sostenibilidad territorial para la parroquia de San

Antonio cantón Ibarra. Para ello, se desarrolló un experimento con tratamientos controlados, utilizando tanto fertilizantes orgánicos como químicos, con la finalidad de comparar su efecto en variables agronómicas como el número de vainas, peso de grano, altura de planta y biomasa total.

El análisis estadístico de los datos obtenidos permitirá identificar el tratamiento más eficiente en términos de rendimiento y salud del suelo. Se espera que las dosis altas de té de estiércol presenten resultados superiores frente a los tratamientos convencionales, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles y económicamente viables para los productores de la región.

En síntesis, este estudio pretende contribuir al desarrollo de alternativas agroecológicas que favorezcan una agricultura más resiliente, rentable y respetuosa con el entorno, respondiendo a la necesidad de producir más y mejor, sin comprometer los recursos del futuro.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del uso de té de estiércol en el rendimiento del cultivo de fréjol, mediante su aplicación de regadera, como alternativa de sostenibilidad territorial para la parroquia de San Antonio cantón Ibarra.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar el nivel adecuado de abono orgánico líquido a base de té de estiércol de ovino, mediante el uso de materiales e información recolectada de estudios previos, con la finalidad del análisis en el desarrollo y rendimiento del cultivo de fréjol.
- Comparar los parámetros morfológicos y productivos del cultivo de fréjol con el apoyo de materiales e instrumentos de medición para la determinación de la eficiencia del fertilizante líquido a base de té de estiércol ovino.

2.3. Hipótesis

Ha: Al menos uno de los niveles de té de estiércol ovino aumenta la tasa de crecimiento y rendimiento de la producción de fréjol.

Ho: Los niveles de té de estiércol ovino no aumenta la tasa de crecimiento y rendimiento de la producción de fréjol.

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

En los últimos años, la agricultura sostenible ha promovido alternativas naturales para mejorar la productividad sin afectar el suelo ni el ecosistema. En Ecuador, una opción destacada para el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) es el uso de té de estiércol aplicado mediante riego tipo *drench*, técnica que favorece la absorción de nutrientes y mejora el rendimiento del cultivo. Diversos estudios respaldan su eficacia como práctica agroecológica sostenible.

3.1. Estiércol de ovino como abono orgánico en cultivos

En investigaciones recientes, se ha evidenciado el impacto positivo del abono orgánico de ovino en distintos cultivos. Rodríguez et al. (2022) evaluaron su efecto en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*), observando que las plantas alcanzaron un crecimiento de hasta 5 cm por encima del promedio habitual, resultado que superó los parámetros establecidos en el estudio, los cuales consideraban la necesidad de mantener el suelo adecuadamente húmedo y realizar evaluaciones mensuales del crecimiento. De manera complementaria, Villagaray-Lizana et al. (2021) analizaron el efecto del mismo tipo de abono en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), utilizando un diseño experimental con parcelas divididas en bloques y aplicando tres repeticiones de diferentes dosis de abono por 90 días, en el cual los resultados mostraron un incremento del 7.5% en el rendimiento de producción, sustentado en mediciones mensuales del crecimiento de las plantas, lo que permitió un análisis detallado del impacto del abono orgánico en el desarrollo del cultivo.

Cruz (2021), llevó a cabo un estudio para evaluar el efecto del estiércol de ovino combinado con abono verde en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*); donde se aplicaron dosis de 250 y 500 g de abono, sin la adición de productos químicos, dando como resultados que la aplicación de 500 g de estiércol de ovino junto con abono verde mejoró significativamente la cantidad de nutrientes en el suelo, lo que resultó en un incremento del 5% en la producción del cultivo.

En su estudio titulado La evaluación de niveles de fertirrigación y dinámica de absorción de nutrientes en un cultivo de coliflor, Arias (2019), aplicó un 20% de té de estiércol en las plantaciones, la que resultó en un incremento del 83% en altura, diámetro y peso de las plantas, mejorando significativamente su calidad para la exportación. Además, el análisis económico mostró un beneficio de 1.78 dólares por cada dólar invertido en fertirrigación, aumentando así la rentabilidad para los agricultores.

Tobar (2019) evaluó un fertilizante orgánico líquido en tomate, obteniendo un 70% más de rendimiento frente a abonos químicos, sin requerir mayor inversión. Esto demuestra que los fertilizantes orgánicos son rentables y beneficiosos para el suelo. En este contexto, el presente estudio analiza el fertirriego con té de estiércol como alternativa sostenible para el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*).

En el Ecuador Arévalo y Benavides (2015) evaluaron en el sector de Guachal, provincia de Esmeraldas, el efecto de cuatro fuentes de abono orgánico líquido, entre ellas el té de estiércol sobre el cultivo de fréjol variedad bayito, donde los resultados mostraron que el tratamiento con té de estiércol al 25% presentó un incremento significativo en la altura de las plantas, el número de vainas por planta y el rendimiento por hectárea, en comparación con el testigo sin fertilización. Asimismo, en el cantón Bolívar, provincia del Carchi Nénger Pozo (2015) evaluó diferentes concentraciones de té de frutas aplicadas en el cultivo de fréjol; aunque el estudio no se centró específicamente en el té de estiércol, demostró que los biofermentos líquidos pueden incrementar el número de vainas por planta y el rendimiento, reforzando el potencial de estos insumos orgánicos para mejorar la productividad de manera sostenible.

Estos antecedentes fortalecen la justificación de evaluar el té de estiércol ovino en aplicación drench como una alternativa viable, económica y ecológica para la producción sostenible de fréjol, especialmente en zonas rurales con acceso limitado a insumos comerciales.

3.2. El estiércol de ovino como fertilizante líquido tipo té

Según Caldas (2023), en su estudio señala que la fertilización orgánica ha mostrado resultados superiores en el número de flores y el tamaño de la semilla en cultivos de fréjol, ya que el número promedio de granos por planta fue similar, con alrededor de cuatro granos tanto en tratamientos orgánicos como convencionales; sin embargo, en cuanto al rendimiento de biomasa en base seca, la fertilización convencional alcanzó el mejor resultado con 6,12 toneladas por hectárea de materia seca, lo que sugiere que, aunque la fertilización orgánica puede mejorar ciertos parámetros morfológicos, la fertilización química sigue siendo más eficiente en la producción de biomasa seca.

Para Villena (2022), destaca que la efectividad del té de estiércol depende del tipo de estiércol utilizado; en su investigación, comparó los efectos del estiércol de bovino, ovino y gallinaza, encontrando que el de gallinaza fue el más efectivo en términos de producción y tamaño de las plantas, en contraste, el estiércol de ovino mostró una menor eficiencia relativa, lo que indica que no todos los tipos de estiércol orgánico tienen el mismo impacto en el cultivo. Esta diferencia en eficacia sugiere la necesidad de evaluar cuidadosamente el tipo de fertilizante orgánico a utilizar para optimizar los resultados agronómicos.

De manera similar, Rodríguez et al. (2020) señalan que el té de estiércol de ovino es más eficiente cuando se aplica en dosis elevadas, ya que las dosis bajas fueron menos efectivas en comparación con otros fertilizantes orgánicos y minerales. En particular, la aplicación de 100 ml de estos fertilizantes demostró ser una opción viable para mejorar el rendimiento del fréjol. Por ello, se recomienda combinar el estiércol de ovino con otros fertilizantes para optimizar los resultados productivos y compensar su menor eficacia individual.

Investigaciones recientes evidencian que dosis altas de estiércol ovino, como 3 toneladas por hectárea, mejoran significativamente el crecimiento y rendimiento del fréjol, gracias a su efecto biofertilizante y bioestimulante, que optimiza la fertilidad del suelo y promueve procesos microbianos beneficiosos (Caldas, 2023; Rodríguez et al., 2020).

3.3. Té de estiércol

Suquilanda (1996), define el té de estiércol como un método para convertir el estiércol sólido en un abono líquido, durante el proceso de preparación, el estiércol libera sus nutrientes en el agua, haciéndolos disponibles para las plantas bajo condiciones anaeróbicas, el procedimiento para preparar el té de estiércol es relativamente simple: se llena un saco hasta la mitad con cualquier tipo de estiércol, se ata con una cuerda dejando un extremo de 1.5 m de largo, y luego se sumerge en un tanque con capacidad para 200 litros de agua, la boca del saco se tapa con un trozo de plástico y se deja reposar el estiércol en el agua durante dos a tres semanas. Una vez completado este proceso, se retira el saco con estiércol, dejando así listo el té de estiércol para su uso como fertilizante líquido.

Según Mahmoud (2018), el té de estiércol es una solución líquida obtenida al fermentar estiércol animal en agua, lo que permite extraer nutrientes minerales, compuestos orgánicos y microorganismos beneficiosos. Su aplicación, ya sea vía foliar o al suelo, puede complementar o incluso sustituir parcialmente la fertilización mineral tradicional, mejorando el crecimiento, la composición química y el rendimiento de cultivos como el haba (*Vicia faba*).

De acuerdo con A. Ahmed & Shehata (2023), el uso de té de estiércol (compost tea o manure tea) incrementa significativamente parámetros agronómicos como altura de planta, número de ramas y longitud de brotes en especies, además de mejorar la absorción de macro y micronutrientes esenciales (N, P, K, Fe, Mn, Zn), en comparación con plantas no tratadas, estas mejoras se atribuyen tanto a la disponibilidad de nutrientes como a la presencia de compuestos bioactivos y microorganismos que estimulan el crecimiento vegetal.

B. Liu et al. (2025), por su parte establecen que la sustitución parcial de fertilizantes químicos por abonos orgánicos líquidos, como el té de estiércol, mejora la calidad del suelo y la multifuncionalidad ecológica en plantaciones de té, al reducir la acidificación, aumentar la materia orgánica y promover la biodiversidad microbiana, contribuyendo así a la sostenibilidad agrícola. Así como señala, R. Ramírez et al. (2023), la preparación del té de

estiércol implica sumergir el estiércol maduro en agua durante varios días, permitiendo la extracción de nutrientes y la proliferación de microorganismos benéficos. El producto puede aplicarse mediante riego o pulverización foliar, y su efectividad depende de factores como el tipo de estiércol, la duración de la fermentación y la aireación durante el proceso.

Mahrouk et al. (2025), mencionan que el uso de té de estiércol casero (homemade manure tea, HMT) no solo incrementa el contenido de nitrógeno disponible para los cultivos, sino que también modifica el perfil microbiológico del suelo, promoviendo procesos como la desnitrificación y la actividad de bacterias beneficiosas, sin embargo, advierten que la rápida transición a condiciones anóxicas durante la fermentación puede provocar pérdidas de nitrógeno, por lo que se recomienda airear la mezcla y aplicar el producto en horas frescas para maximizar su eficiencia.

El té de estiércol puede constituir una alternativa económica y segura a los fertilizantes minerales, ya que mejora la materia orgánica del suelo, incrementa la disponibilidad de macronutrientes y favorece tanto el rendimiento como la calidad de cultivos como el haba, sugiriendo que su combinación con dosis reducidas de fertilizantes químicos puede generar resultados agronómicos óptimos y sostenibles; en este contexto, el uso de abonos orgánicos líquidos como el té de estiércol representa una estrategia viable para reducir la dependencia de insumos químicos, mejorar la salud del suelo y fortalecer la resiliencia de los agroecosistemas, especialmente en escenarios de intensificación agrícola y cambio climático (Djezzar et al., 2025; B. Liu et al., 2025; R. Ramírez et al., 2023).

3.4. Los nutrientes de los bioles de estiércol de ovino

Rojas et al. (2023) destacan que la elaboración y aplicación de fertilizantes fermentados, como parte de prácticas agroecológicas, se ha intensificado en los últimos años, impulsando una transición hacia una agricultura sustentable en territorios cada vez más amplios. En este contexto, el estudio de Villagaray-Lizana et al. (2021) resalta el valor del estiércol ovino como fertilizante orgánico, al contener macro y micronutrientes esenciales — como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio— que favorecen el crecimiento vegetal.

La aplicación de estiércol ovino ha demostrado mejorar significativamente el rendimiento y la calidad en cultivos como la papa, respaldando su uso en la agricultura sostenible. Este abono orgánico presenta un alto contenido de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio (Miranda et al., 2014). Además, su aplicación a distintas profundidades influye en la actividad enzimática del suelo, favoreciendo la transformación del nitrógeno, con mayor efecto entre los 50 y 70 cm de profundidad (Yu et al., 2024).

3.3. Fertirrigación con bioles líquidos en los cultivos

Como refiere Allouzi et al., (2022), la fertirrigación con bioles líquidos consiste en la aplicación de soluciones fertilizantes líquidas a través del sistema de riego, lo que permite suministrar nutrientes esenciales de forma eficiente y sostenible a los cultivos; los bioles son extractos fermentados de materia orgánica que enriquecen el suelo y mejoran la salud de las plantas mediante la introducción de microorganismos benéficos y nutrientes biodisponibles, favoreciendo así la nutrición vegetal y el desarrollo radicular.

Banerjee et al. (2023), destacan la fertirrigación con bioles líquidos incrementa significativamente la disponibilidad de nutrientes en el suelo y mejora sus propiedades físicas y biológicas, lo que se traduce en un crecimiento más robusto de las plantas y una mayor resistencia a enfermedades, esta técnica optimiza el uso de fertilizantes orgánicos al integrarlos eficientemente en el sistema de riego, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos y promoviendo prácticas agrícolas sostenibles.

La utilización de bioles líquidos en la fertirrigación permite una integración eficiente de los fertilizantes orgánicos en el sistema de riego, promoviendo una nutrición equilibrada de los cultivos. Según Shanmugavel et al. (2023), la fertirrigación con bioles líquidos no solo mejora la absorción de nutrientes por parte de las plantas, sino que también optimiza la gestión del agua al disminuir la frecuencia y cantidad de aplicaciones necesarias. Esto contribuye a un uso más racional del recurso hídrico y a una reducción de costos en la producción agrícola, además de minimizar impactos ambientales negativos asociados al uso excesivo de fertilizantes sintéticos. Así, como Tobar (2019) señala, el biofertilizante líquido acelerado,

elaborado mediante fermentación láctica con microorganismos específicos, puede aplicarse vía riego o foliar, favoreciendo el enraizamiento, la floración y la nutrición equilibrada de los cultivos, lo que además reduce la incidencia de plagas y enfermedades, mejora la capacidad de intercambio catiónico del suelo y ayuda a mantener su humedad, contribuyendo a una agricultura más ecológica y eficiente.

3.4.1. Origen y distribución geográfica

Según Dubey et al. (2019), el fréjol es una especie que se produce en un clima tropical, la mayoría de los cultivos se producen en Centroamérica y Sudamérica, por las características climáticas y las propiedades del suelo; sin embargo, sí tiene presencia en todos los continentes. Para Guamán et al. (2020), en la planta de fréjol, el ciclo de vida varía dependiendo del clima y el suelo, desde los 85 días a 270 días, siendo importante la nutrición para el crecimiento. En ese sentido, Peña et al. (2017) afirman que el cultivo de fréjol debe encontrarse en condiciones adecuadas, como se detalla a continuación:

Tabla 1.

Características meteorológicas para el cultivo

Característica	Descripción
Temperatura	La temperatura óptima para el cultivo de fréjol es templada a cálida, con un rango ideal entre 18 °C y 24 °C. No debe superar los 30 °C ni bajar de 10-12 °C para evitar daños en el desarrollo del cultivo. Temperaturas superiores a 27 °C durante la floración pueden afectar negativamente la formación de frutos.
Humedad	Requiere una precipitación anual entre 500 y 700 mm, con riego constante durante el ciclo para mantener la humedad del suelo. Un suministro adecuado de agua es clave para el crecimiento y desarrollo, especialmente durante la floración y llenado de granos.
Luz	La planta necesita un período de luz de 100 a 130 días para su desarrollo completo. La exposición a luz solar directa durante al menos 6 horas diarias favorece el crecimiento y reduce el riesgo de enfermedades fúngicas.

Nota. Descripción de las características meteorológicas para el cultivo. *Performance of vean (Phaseolus vulgaris L.) genotypes in the second season under high and low technology.* Fuente: (Brusamarello et al., 2017).

La luz es indispensable para el crecimiento de la planta, para lo cual necesita un periodo de 100 días a 130 para desarrollarse. De acuerdo al Banco Central (2023), en Ibarra

la producción de fréjol equivale al 10% y 20% de los terrenos, donde la época de invierno se reduce debido a la presencia de plagas y enfermedades en los cultivos, incrementando los costos y la comercialización a la ciudadanía; por tal motivo, los agricultores buscan alternativas que beneficien la siembra. Asimismo, en el Banco Central (2023), se describe que el fréjol se distribuye en el Ecuador de la siguiente manera:

Tabla 2.

Distribución geográfica del fréjol en el Ecuador

Distribución geográfica del fréjol						
Área	Sierra(ha)	%	Costa (ha)	%	Total ha (Sierra y costa)	%
Área total fréjol arbustivo	68800,00 ha	65 %	7570 ha	50 %	76370 ha	63 %
Área fréjol voluble	37190,00 ha	35 %	7570 ha	50 %	44760 ha	37 %
Área Total de fréjol	105990,00 ha	100%	15140 ha	100%	121130 ha	100%

Nota. Detalle de la distribución geográfica. *Reporte de coyunturas del sector agropecuario.* Fuente: (Banco Central, 2023).

La tabla 2 muestra la distribución geográfica del cultivo de fréjol en Ecuador, destacando que la Sierra concentra la mayor superficie cultivada, con 105,990 ha (63 % del total), seguida por la Costa con 15,140 ha (12,5 %). Según el Banco Central (2023), esta predominancia en la Sierra se relaciona con condiciones edafoclimáticas favorables, como altitudes entre 1000 y 2500 msnm, temperaturas templadas y suelos bien drenados, que permiten un desarrollo óptimo del cultivo.

Estudios recientes indican que la sierra ecuatoriana, especialmente provincias como Imbabura, Romero et al. (2024), detallan que se convierte en una región clave para la producción de fréjol debido a su clima templado y humedad adecuada, condiciones que favorecen la productividad y calidad del cultivo. De igual manera, Miranda et al. (2014) detalla la distribución del fréjol arbustivo y voluble; también refleja diferencias en el manejo y tipo de cultivo, donde el arbustivo predomina en la Sierra con un 65 % del área, mientras que en la Costa representa el 50 %; en contraste, el fréjol voluble tiene una mayor proporción

en la Costa (50 %) en comparación con la Sierra (35 %). Estas diferencias se deben a factores climáticos y topográficos que condicionan la elección de variedades y sistemas de cultivo.

3.4. Agroecología de los cultivos

La Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (2022) define la agricultura orgánica como una ciencia destinada a mejorar la producción de cultivos, con el objetivo primordial de preservar la salud de los suelos y garantizar la calidad de los productos comercializados para los consumidores. Además, busca promover una agricultura sostenible sin recurrir a fertilizantes químicos.

En este contexto, Domínguez et al. (2019), señalan que los impactos ecológicos y socioeconómicos en Ecuador imponen restricciones a la seguridad alimentaria, lo que subraya la necesidad de maximizar el uso sostenible de los suelos para incrementar la producción. Borjas et al. (2020), manifiestan que la adopción de técnicas sostenibles para el cultivo puede mejorar el crecimiento y la producción de las plantas. Estas técnicas contribuyen a bioestimular y biorregular los cultivos, manteniendo las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Como resultado, se logra un incremento en el rendimiento y una reducción en los costos de comercialización.

Montenegro et al. (2022) señalan que prácticas agroecológicas como el uso de bioinsumos y la rotación de cultivos mejoran la fertilidad del suelo, la biodiversidad microbiana y la resistencia de los cultivos. De forma complementaria, Gallego et al. (2024) destacan que la agroecología no solo equilibra la producción con la conservación ambiental, sino que también fortalece la seguridad alimentaria y la soberanía comunitaria, al promover el uso de recursos locales y prácticas participativas, contribuyendo así a la sostenibilidad agrícola en Ecuador y América Latina.

3.5. Zonas de producción del fréjol en el Ecuador

Para Peralta et al. (2020), las zonas de producción del fréjol en el Ecuador se dividen en dos sectores que se detallan a continuación:

Tabla 3.*Zonas de producción de fréjol en Ecuador*

Valle (1200 a 2500 msnm)	Estribaciones de Cordillera (1000 a 2200 msnm)
Chota, Mira, Salinas, Guayllabamba, Tumbaco, Patate, Gualaceo, Yunguilla, Vilcabamba, Catamayo y Malacatos	Intag, El corazón, Chanchan, Huira, Pallatanga, Chillanes, Javin y Chontamarca.

Nota. Detalle de las zonas de producción de fréjol en Ecuador. *Catálogo de variedades mejoradas de fréjol.* Fuente: (Peralta et al., 2020).

Según el Banco Central del Ecuador (2023), la producción de fréjol en el país ha mostrado una tendencia estable durante los últimos tres años, gracias al impulso generado por tratados internacionales que han abierto nuevos mercados y al proceso de tecnificación agrícola, que ha permitido mejorar los rendimientos y la eficiencia en el manejo de los cultivos. En este contexto, la provincia de Chimborazo registró un crecimiento del 10% en comparación con el periodo anterior, mientras que en la provincia de Imbabura el incremento fue aún más notable, alcanzando un 30%, con una producción total que supera las 7 mil toneladas de fréjol a nivel nacional. Estos datos reflejan el impacto positivo de las políticas agrícolas y la creciente importancia de este cultivo en la seguridad alimentaria y la economía rural.

Por su parte, Espinoza (2020) destaca que las principales zonas productoras de fréjol en Ecuador se encuentran en las regiones Sierra y Costa, siendo las provincias de Carchi, Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua, Cañar, Pichincha, Loja y Bolívar las de mayor relevancia en cuanto a volumen y diversidad de producción. En estas zonas se cultivan más de 50 variedades de fréjol, adaptadas a las condiciones agroecológicas de cada territorio. Entre las variedades más comercializadas y preferidas por los consumidores se encuentran el blanco panamito, boca negra, calima rojo, canario, bolón, rojo moteado, calima negro y toa, todas ellas valoradas tanto por su sabor como por su valor nutricional. Esta amplia diversidad genética representa un potencial importante para el desarrollo agrícola sostenible y la mejora de la competitividad del fréjol ecuatoriano en el mercado nacional e internacional.

3.6. Propiedades nutritivas del fréjol

De acuerdo con N. Ahmed et al. (2024), el fréjol posee un alto contenido en proteínas y carbohidratos a comparación de otros vegetales tiene mayor cantidad de aminoácidos aportando un aporte nutricional en el ser humano, por cada 100 g del grano tiene el siguiente contenido nutricional:

Tabla 4.

Contenido nutricional del fréjol

Categoría	Componente	Cantidad
Lípidos	Grasas	1,8 g
	Saturados	0,12 g
	Monoinsaturados	0,06 g
	Poliinsaturados	0,18 g
Minerales	Calcio	228 mg
	Fósforo	407 mg
	Hierro	5,5 mg
	Magnesio	140 mg
	Sodio	24 mg
	Sodio	24 mg
Vitaminas	Tiamina	0,62 mg
	Riboflavina	0,14 mg
	Niacina	1,7 mg
	Piridoxina	0,4 mg
Aminoácidos	Isoleucina	927 mg
	Leucina	1685 mg
	Valina	1016 mg
	Histidina	627 mg

Nota. Detalle del contenido nutricional del fréjol. *Nutritional and health benefits of dried beans.* Fuente: (Messina, 2020).

Para Romero, Tapia, Giménez, et al. (2024), gracias al contenido de fibra, el fréjol ayuda a combatir el colesterol que provocan diversas enfermedades, reduciendo y permitiendo mejorar la calidad del ser humano, asimismo ayuda a disminuir hasta el 50% de las probabilidades de contraer cáncer de colon y debido al aporte de hierro que tiene el grano, ayudan a combatir la anemia y desnutrición infantil.

3.7. Necesidades nutritivas del cultivo de fréjol

3.7.1. Requerimientos de macronutrientes del cultivo de fréjol

Celmeli et al. (2018), mencionan que es importante nutrir a las plantas antes de la cosecha, para alcanzar una producción deseada, suministrar el cultivo con fertilizantes, y adecuar las condiciones climáticas y de suelo que permitan generar productos de calidad para el consumo humano.

De acuerdo con Maqueira et al. (2017), las plantas de fréjol son fundamentales para absorber nutrientes del suelo, como potasio, nitrógeno y calcio, que son esenciales para que los tallos crezcan a una altura adecuada y para que los frutos alcancen un tamaño óptimo. Además, los suelos en los que se cultiva fréjol deben tener un pH entre 5,0 y 7,5; de lo contrario, los agricultores deben tomar medidas para asegurar que las condiciones de siembra sean óptimas. Para Botero Ahmed et al. (2024), los componentes de los macronutrientes necesarios en el suelo para que el cultivo crezca en óptimas condiciones son las siguientes:

Tabla 5.

Macronutrientes necesarios

Componentes	Macronutrientes necesarios		
	Nitrógeno	Potasio	Calcio
Granos	32 kg/ha	4 kg/ha	4 kg/ha
Tallo	65 kg/ha	5 kg/ha	50 kg/ha
TOTAL	97 kg/ha	9 kg/ha	54 kg/ha

Nota. Descripción de los macronutrientes necesarios del fréjol. *Micronutrients and their effects on horticultural crop quality, productivity and sustainability.* Fuente: (N. Ahmed et al., 2024)

3.7.2. Requerimientos de micronutrientes del cultivo de fréjol

Brusamarello et al. (2017) sostiene que, para un desarrollo óptimo del cultivo de fréjol, el suelo debe contener micronutrientes esenciales, como magnesio, fósforo y azufre, en concentraciones mínimas de 3,0 cmol/kg para el magnesio, 0,8 cmol/kg para el fósforo y 10 cmol/kg para el azufre. Además, si el pH del suelo es inferior a los niveles recomendados para

el cultivo (generalmente entre 6,0 y 7,0), se debe aplicar cal antes de la siembra para corregir la acidez y optimizar la disponibilidad de los nutrientes.

Tabla 6.

Micronutrientes necesarios

Componentes	Magnesio	Azufre	Fósforo
Granos	4 kg/ha	10 kg/ha	22 kg/ha
Tallo	14 kg/ha	15 kg/ha	71 kg/ha
TOTAL	18 kg/ha	25 kg/ha	93 kg/ha

Nota. Detalle de los micronutrientes necesarios para el fréjol. *Micronutrients and their effects on horticultural crop quality, productivity and sustainability.* Fuente: (N. Ahmed et al., 2024)

3.8. La Materia orgánica en los suelos

De acuerdo con Dubey et al. (2019), la materia orgánica se origina por los organismos que existen en el suelo; pueden ser residuos de plantas o de animales, posteriormente se descomponen y generan nutrientes como nitrógeno, fósforo y azufre, y las plantas pueden absorber los mismos para la formación, además de la nutrición permanente del suelo para posteriores cultivos. Bajo ese contexto, mencionan Julca et al. (2019) que el uso de la materia orgánica en la agricultura radica en la importancia de evitar el uso de químicos que puedan afectar las propiedades de los terrenos, así manejar de manera ecológica la nutrición del suelo y de las plantas, para producir productos de calidad para el consumo del ser humano.

En el Ecuador existe una diversidad en los sistemas ecológicos y los suelos son aptos para una variedad de cultivos; no obstante, debido al crecimiento demográfico y la demanda de los productos, los agricultores ven la necesidad de evitar el deterioro del suelo por las malas prácticas en la agricultura, en ese sentido, gracias a la materia orgánica, se ha impulsado la recuperación de los terrenos y la incorporación de otros métodos sostenibles en los procesos de siembra y nutrición de las plantas (Flores A, 2022).

3.9. Necesidades hídricas del cultivo fréjol

Para Guamán et al. (2020) el agua es fundamental en la formación y crecimiento adecuado de un cultivo, estimando que el 60% de las plantaciones en Latinoamérica tienen

dificultad por la falta de conocimiento, donde el fréjol no puede tolerar un excedente o escasez en el riego. Mencionando a Chavarria et al. (2020), que las exigencias del cultivo de fréjol requieren al menos precipitaciones de 800 mm a 2000 mm en el año, necesitando las semillas un suelo húmedo para que tenga una buena formación la planta; y un constante riego luego de haber sembrado la planta, en caso de que el suelo sea arcilloso el agricultor debe aumentar las dosis de agua.

Para Partelli et al. (2019), el suelo debe ser adecuado para el cultivo de fréjol, lo que implica mantener una humedad óptima de aproximadamente 1,5 mm (equivalente a 15 litros por metro cuadrado) y establecer una frecuencia de riego que suministre alrededor de 2000 litros por hectárea (200 mm). Estos factores son esenciales para optimizar el rendimiento de la cosecha y garantizar un crecimiento saludable de las plantas.

3.10. Cálculo de las necesidades hídricas para el cultivo de fréjol

García et al. (2021), indican que es fundamental considerar la evapotranspiración potencial, la cual se determina a partir de la evapotranspiración de referencia (E_{To}) y un coeficiente de cultivo (K_c) que varía según las fases fenológicas del cultivo ($E_{Tc} = K_c \times E_{To}$). Se recomienda dividir el ciclo en cuatro etapas: inicial, desarrollo, media y final, para ajustar el coeficiente y garantizar un suministro hídrico adecuado para el óptimo crecimiento de las plantas. Asimismo, Játiva et al. (2019) afirman la importancia de señalar que el método para la determinación de la lámina de riego (cantidad de agua a aplicar) debe basarse en técnicas reconocidas y validadas, como el método FAO-56 *Penman-Monteith* para el cálculo de E_{To} , complementado con mediciones de campo mediante lisímetros o sensores de humedad para ajustar la evapotranspiración real (E_{Tc}) y evitar sobre o subriego.

En ese sentido, Navarro et al. (2017) proponen una fórmula para calcular la cantidad de agua necesaria en función de la evapotranspiración de la superficie regada, considerando variables como el tiempo (t), la superficie regada (SR), la intensidad del cultivo (IC_c), el coeficiente de cultivo (K_c) y la evapotranspiración de referencia (E_{To}). Sin embargo, el documento no especifica claramente el método utilizado para determinar la lámina de riego, lo cual es fundamental para asegurar la precisión en la gestión del riego.

En estudios realizados por Araya et al. (2021), aplicaron el método Blaney-Criddle para estimar la evapotranspiración de referencia y utilizaron lisímetros volumétricos para medir la evapotranspiración real del fréjol, ajustando así la lámina de riego según las fases fenológicas del cultivo, este enfoque combina un método climático estándar con mediciones directas de campo, mejorando la eficiencia en el uso del agua. Por su parte, Liu et al. (2022) recomiendan el método FAO-56 *Penman-Monteith* como estándar internacional para el cálculo de ETo, debido a su precisión al incorporar variables climáticas como temperatura, radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento, lo que permite un diseño y manejo óptimo de los sistemas de riego.

3.11. Cálculo de lámina de riego para el cultivo de fréjol

Para Játiva et al. (2019), las láminas de riego consisten en establecer el espesor de la capa de agua de la superficie del suelo que queda húmeda; para un cultivo es necesario analizar la evaporación que tiene el lugar y el coeficiente de las fases de crecimiento de las plantas, con la finalidad de multiplicar estos dos elementos y establecer la lámina de riego que debe ser aplicada. En ese sentido, Calle et al. (2021) establecen que la evapotranspiración es la pérdida de la humedad que puede tener el suelo al momento de evaporarse de manera natural por el entorno en que se encuentra el cultivo. Siendo importante mantener la planta hidratada, se debe analizar la lámina de riego diaria en (mm).

3.12. Diseño agronómico para el cultivo de fréjol

El diseño agronómico para el sistema de riego por goteo en el cultivo de fréjol debe basarse en cálculos precisos que consideren las necesidades hídricas del cultivo, las características del suelo y las condiciones climáticas para garantizar eficiencia y evitar pérdidas económicas. Según el análisis de Intagri (2019), el diseño agronómico implica calcular el requerimiento hídrico del cultivo, determinando la dosis, frecuencia y tiempo de riego, así como el número y caudal de goteros necesarios para suministrar agua de manera uniforme y eficiente.

Es fundamental que el diseño agronómico contemple la eficiencia del sistema de riego, considerando un coeficiente de uniformidad (CU) entre 80 % y 95 %, y la fracción de lavado para evitar acumulación de sales, lo que se refleja en la fórmula para calcular las necesidades brutas de riego:

$$NBr = \frac{Nn}{CU \times (1 - FL)}$$

Donde Nn es la necesidad neta de riego o evapotranspiración del cultivo (ETc), CU la uniformidad del riego y FL la fracción de lavado. Arias (2019), en su estudio sobre diseño de sistemas de riego por goteo para cultivos forrajeros, resalta que el diseño agronómico debe incluir la evaluación de la textura del suelo, capacidad de retención de agua, permeabilidad y densidad aparente, además de la determinación de la lámina de riego óptima (en mm/día); por ejemplo, en su caso se determinó una lámina de riego de 4,12 mm/día para cultivos en suelo arcilloso con capacidad de campo del 49,6 % y punto de marchitez permanente de 30,8 %.

La importancia de un diseño adecuado también se refleja en la selección de parámetros hidráulicos, como la velocidad del agua en tuberías (no mayor a 2 m/s para evitar pérdidas por fricción) y la emisión de goteros (mayor al 90 % para asegurar uniformidad), aspectos destacados. Además, el Centro Nacional de Investigaciones de Desarrollo Agrícola (2020), señala que el fréjol es sensible a la disponibilidad hídrica, especialmente en etapas críticas como floración y fructificación, requiriendo una lámina total aproximada de 270 mm distribuida en cinco riegos durante el ciclo. Un buen riego inicial que humedezca los primeros 30 cm de suelo es esencial para la germinación y establecimiento de la planta.

3.13. Diseño hidráulico para el cultivo de fréjol

Montes et al. (2020) refieren que el diseño hidráulico consiste en contar con dispositivos o accesorios que permitan distribuir el agua de manera equitativa y con una cantidad establecida al cultivo; tiene la finalidad de no exceder o escasear el riego, buscando la eficiencia de la producción, de acuerdo con Raghuwanshi & Wallender (2023), para calcular las necesidades hídricas en cuanto a las dimensiones de las tuberías y redes, es

importante evaluar las tolerancias en presión en todos los ángulos, que cuente con una altura adecuada y fácil de manejar. Establecen Alvarado et al. (2021) que existen componentes básicos para el diseño hidráulico; entre ellos se encuentran la estación de control que se establece la presión que va a resistir el sistema, la forma de las tuberías acorde al padrón que tenga el cultivo, contando con una tubería principal y otras secundarias, yendo de la mano con el diseño agronómico.

3.14. Materia orgánica en el cultivo de fréjol

3.14.1. Abonos orgánicos utilizados en el cultivo de fréjol

Conforme a E. Ramírez (2022), los abonos orgánicos son sustancias que pueden ser de tipo animal, vegetal o incluso mixto, con la finalidad de optimizar las características del suelo como físicas, químicas, además de aprovechar estos desechos y obtener nutrientes para la producción de los cultivos. Para Aguiñaga et al. (2020), el abono orgánico es la combinación de la materia orgánica, donde pasa por un proceso de descomposición o fermentación natural mediante el agua, aire, sol y microorganismos que se encuentran en el sistema ecológico, permitiendo nutrir el suelo o dar uso directo para la nutrición de las plantas.

De acuerdo con González et al. (2022), afirman que, aunque ha existido estudios sobre abonos orgánicos, beneficios en costos y el rendimiento en los cultivos, la información que existe en el Ecuador es mínima y la falta de conocimiento de los agricultores conduce a seguir usando químicos en la fertilización de las plantaciones.

3.14.2. Abonos orgánicos líquidos utilizados en el cultivo de fréjol

Según Allouzi et al. (2022), los abonos orgánicos líquidos, resultan de un proceso de fermentación, regulando las propiedades que poseen y proporcionando a las plantas vitaminas, nitrógeno y aminoácidos para un crecimiento adecuado, además de restaurar el suelo. Del mismo modo Tobar (2019) menciona que, el sistema de riego por goteo permite aplicar solo la cantidad necesaria del abono líquido que necesita la planta para tener un buen desarrollo, esta puede ser automatizada o de manera manual.

Asimismo, Alvarado et al. (2021), menciona que los abonos orgánicos líquidos

necesitan para la solución una mezcla con el agua, que facilitara convertir lo sólido a líquido y multiplicar las reacciones del fertilizante.

3.14.3. Abono orgánico a base de Ovinaza

Para Eras Guamán et al. (2021), en el Ecuador tiene un gran potencial la explotación ovina, debido a la crianza que es sencilla en comparación con otros ganados, sobreviviendo familias, especialmente de la Sierra donde se proporcionan de carne, lana y el abono, la falta de conocimiento ha hecho que el abono; que se puede adquirir por los ovinos no sea identificado por los ganaderos y solo se enfoquen en la producción de la lana y carne.

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2022), el ganado ovino en el Ecuador existen 1'127 468 cabezas, de los cuales 464 644 se encuentran en la sierra y en Imbabura alrededor de 4 576, cantidad suficiente para obtener los desperdicios y convertirlos en abono. Shanmugavel et al. (2023), menciona que, la carencia de fertilizantes comerciales, los agricultores recurren a los abonos orgánicos, por lo cual, se llega a comercializar en el año 2023 con un 17% superior al año 2022, por lo tanto, el gobierno ha propuesto introducir en las familias de bajos recursos ovinos para la producción y explotación para los beneficios de los hogares.

3.14.4. Té de estiércol de ovino

Para Rodríguez (2022), el estiércol de ovino está compuesto de los desechos de la oveja, considerados los más nutritivos a comparación de otros abonos orgánicos, debido a la cantidad alta de nitrógeno; siendo un inoculante de microorganismos, impide la presencia de plagas. Jia et al. (2023) mencionan que la fertilización por té de estiércol de ovino consiste en crear condiciones para nutrir a la planta, aumentando la producción, nutrientes y, por ende, la rentabilidad en las plantaciones, siendo indispensable que el agricultor fertiliza las plantas de manera oportuna para mayor eficiencia.

Ye et al. (2022) afirman que, para desarrollar el té de estiércol de ovino, se debe considerar un proceso, como primera instancia, se realiza la mezcla con agua, dejando fermentar por una semana mínimo e incluso hasta tres meses; se debe tapar para evitar olores desagradables y al final verter la mezcla por un tubo para la distribución en el cultivo.

3.14.5. Técnicas de aplicación del té de estiércol

Para Arias (2019), el té de estiércol de ovino puede ser de tres tipos; el primero dirigido para el suelo, hojas o abono foliar; este es el más utilizado por los agricultores porque, por medio del abono líquido se nutre a las plantas por las flores, destinando los macro y micronutrientes de manera directa al cultivo, con la finalidad de acelerar la formación y un crecimiento adecuado del fréjol. De acuerdo con Maintang et al. (2021), existen tres métodos para aplicar el té de estiércol de ovino, que se muestran a continuación:

Tabla 7.

Formas de aplicación

Formas de aplicación	
Radicular	Este método se aplica en la base de la planta, es decir en la superficie del suelo.
Foliar	La aplicación se realiza en las hojas de las plantas, aportando al cultivo de nutrientes directos además de los que posee el suelo.
Fertirriego	Esté método de aplicación consiste en diluir el abono líquido en las aguas de riegos, para distribuir de manera equitativa en toda la plantación.

Nota. Descripción de las formas de aplicación del té. Application of liquid organic and inorganic fertilizar.

Fuente: (Maintang et al., 2021)

3.15. Comparación de rendimientos

De acuerdo con Partelli et al. (2019), para evaluar el rendimiento se deben considerar aspectos como agua, nutrientes, luz, patógenos y malezas, los mismos que permiten crear condiciones adecuadas para los cultivos, con la finalidad de evitar plagas e incrementar la producción de la siembra.

De igual manera, Ye et al. (2022) establecen que, para comparar el rendimiento, es necesario establecer factores, considerando los brotes, como las frecuencias que tienen cada 7 días, cada 14 y cada 21, con la finalidad de analizar el rendimiento de la producción, otra variable a considerar será el peso y el tamaño del tallo comparando con la frecuencia en la aplicación del té de estiércol en las plantas, para comprender si hay cambios con el abono orgánico o no, y finalmente el análisis económico para determinar si es viable y rentable el uso de estos fertilizantes.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Descripción de área de estudio

4.1.1. Ubicación

El estudio se realizó en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia San Antonio, sector San Agustín. Las coordenadas geográficas en latitud norte ($0^{\circ}19'12,94''$) y longitud oeste ($78^{\circ}10'37,17''$) permiten ubicar con precisión el sitio experimental en mapas digitales y sistemas de información geográfica (SIG), facilitando futuras investigaciones y comparaciones regionales (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra 2020).

Figura 1.

Mapa de ubicación de ensayo de cultivo de fréjol



Nota. Representación gráfica del mapa de ubicación de ensayo de cultivo. Obtenido de: Google Maps.

Elaborado por el autor.

4.1.1.1. Condiciones agroclimáticas

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra (2020), la investigación se encuentra localizada en:

Tabla 8.

Ubicación geográfica del experimento

UBICACIÓN GEOGRÁFICA EN EL EXPERIMENTO	
Zona Territorial	1
Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	San Antonio de Ibarra
Sector	San Agustín
Altitud	2470 msnm
Coordenadas geográficas	
Latitud Norte	0°19 '12,94 "N
Longitud Este	78 ° 10 ' 37,17 "O
Características agroclimáticas	
Clima	Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo
Precipitación promedio anual	500 a 750 mm/año
Temperatura promedio anual	17 °C
Humedad relativa	79,59%

Nota. Cuadro ubicación geográfica y características agroclimáticas obtenidas del Anuario Agroclimático. Fuente: (Recalde Posso, 2023).

La tabla muestra la ubicación geográfica del experimento, realizado en la zona territorial 1, provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia San Antonio de Ibarra, sector San Agustín. Con una altitud de 2.470 msnm y un clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo, el área presenta condiciones agroclimáticas favorables para el cultivo de fréjol. Este cultivo se adapta bien a altitudes entre 300 y 2.500 msnm, y la temperatura promedio de 17 °C, junto con una precipitación anual de 500 a 750 mm y una humedad relativa del 79,59 %, se encuentran dentro de los rangos óptimos para su desarrollo, siempre que se apliquen buenas prácticas de manejo agronómico.

4.2. Materiales

4.2.1. Materiales Oficina.

- Libreta de notas
- Letreros para identificación
- Marcadores permanentes
- Esferos
- Regla de 30 cm.

4.2.2. Materiales de campo

- Flexómetro´
- Azadilla
- Nivel
- Martillo
- Palas, azadón
- Barras
- Taladro
- Clavos
- Regadera
- Tanques de plástico de 200 litros
- Plástico negro
- Sacos de yute ´
- Sogas
- Estacas de 80 cm

4.2.3. Equipos

- Tanques - ipe
- Bomba- temco
- Pie de rey Stanley
- Balanza gramera digital vimae

4.2.4. Insumos

- Estiércol de ovino
- Agua
- Abono químico
- Insecticidas

4.2.5. Software

- ArcGIS. Versión 10.8 (ESU123456789)
- Infostat estudiantil versión 2020 (E3VB-3GHU-IP80-QHFK)
- Microsoft Visio 2016 (PD3PC-RHNGV-FXJ29-8JK7D-RJRJK)
- Microsoft Excel 2016 (9C2PK- NWTVB-JMPW8-BFT28-7FTBF)
- Microsoft Word 2016 (WXY84- JN2Q9 -RBCCQ-3Q3J3-3PFJ6)

4.2.6. Material vegetativo

- Semilla de fréjol seleccionado variedad Cargabello

4.3. Diseño de estudio

4.3.1. Tipo de investigación

Para la presente investigación, se empleó un diseño experimental de Bloques Completamente al azar. Como establece E. Ramírez (2022), es utilizado especialmente en estudios agropecuarios, por ende, este diseño incluyó cuatro tratamientos y un testigo. El DBCA, permite una asignación aleatoria de los tratamientos a las unidades experimentales dentro de bloques homogéneos, lo que ayuda a controlar la variabilidad y a obtener resultados más precisos.

4.3.2. Variables

Variable Independiente. La variable independiente corresponde a los tipos de tratamiento aplicados al cultivo de fréjol, definidos como:

- T1: Aplicación de 25% de té de estiércol.
- T2: Aplicación de 50% de té de estiércol.
- T3: Aplicación de 75% de té de estiércol.
- T4: Aplicación de fertilizante mineral (manejo convencional).
- T5: Testigo (sin aplicación de insumos)

Las variables independientes consideradas como los tratamientos serán considerados por los siguientes aspectos:

Concentración del té de estiércol aplicado en drench. Se evaluarán cuatro niveles de concentración, que incluyen 0% (testigo sin aplicación), 10%, 20% y 30%. Estas concentraciones fueron seleccionadas con base en antecedentes bibliográficos y pruebas preliminares, buscando establecer un rango que permita observar respuestas graduales en el cultivo.

Tipo de fertilización. Se distinguirán tres tipos de manejo en la fertilización del cultivo: aplicación de té de estiércol, aplicación de fertilización mineral convencional y un testigo absoluto sin aplicación de ningún tipo de fertilizante o té. Esto permitirá comparar el efecto del té de estiércol con prácticas tradicionales y con la ausencia total de insumos.

Frecuencia y volumen de aplicación. Aunque la aplicación principal será única al momento del trasplante, se considerará la posibilidad de repetir la aplicación en función del desarrollo del cultivo y la respuesta observada, registrando el volumen exacto aplicado por metro cuadrado para asegurar la uniformidad y reproducibilidad del experimento.

Variedad de fréjol. En caso de contar con diferentes variedades comerciales, se puede incluir como variable independiente para evaluar si la respuesta al té de estiércol varía según la genética del cultivo. Sin embargo, para este estudio se utilizará una sola variedad para mantener control sobre esta variable.

Variable Dependiente. Las variables dependientes que nos van a permitir medir el efecto de cada tratamiento sobre el crecimiento, desarrollo fisiológico y producción final del cultivo, aportando información clave para determinar la viabilidad del té de estiércol como alternativa sostenible.

- Altura de planta (cm)
- Número de vainas por planta
- Número de granos por vaina
- Peso seco de la planta (g)
- Rendimiento del cultivo (kg/ha)

Altura de planta en cm: Esta variable mide el crecimiento vertical de la planta desde la base hasta el ápice. Es un indicador clave del desarrollo vegetativo, ya que refleja la eficiencia del tratamiento aplicado en estimular el crecimiento inicial y sostenido del cultivo de fréjol.

Número de vainas por planta: Corresponde a la cantidad total de vainas que produce cada planta. Este parámetro es fundamental para evaluar la productividad potencial, ya que un mayor número de vainas sugiere una mayor capacidad de la planta para formar estructuras reproductivas bajo el efecto de los tratamientos.

Número de granos por vaina: Se cuantifica el peso total de grano cosechado por unidad de área (kg/m^2), que es la variable más representativa para determinar la efectividad del tratamiento en términos productivos.

Peso seco de la planta (g): Mide la biomasa total producida por la planta una vez seca. Es un indicador del vigor general, la acumulación de materia orgánica y la eficiencia fotosintética del cultivo en respuesta al tratamiento aplicado.

Rendimiento de cultivo: Representa la producción total de granos por unidad de superficie, y es la variable más relevante para evaluar la viabilidad económica de cada tratamiento. Refleja el resultado final de todos los factores de crecimiento y desarrollo del

cultivo.

4.3.3. Diseño experimental

La presente investigación adopta un diseño experimental, ya que se busca evaluar el efecto de un tratamiento (té de estiércol en drench) sobre el desarrollo del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) bajo condiciones controladas. En un diseño experimental, el investigador manipula deliberadamente una o más variables independientes para observar sus efectos sobre una o más variables dependientes, asignando los tratamientos de forma aleatoria a las unidades experimentales (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

4.3.4. Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA)

Para la presente investigación se seleccionó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), un enfoque estadístico ampliamente utilizado en estudios agropecuarios debido a su eficacia para manejar la variabilidad experimental. Este diseño contempló cuatro tratamientos y un testigo, distribuidos aleatoriamente entre unidades experimentales agrupadas en bloques homogéneos. Esta metodología permite mejorar la precisión de los resultados al minimizar el impacto de factores no controlados (Ramírez, 2022).

Previo a su implementación, se evaluaron diversas alternativas de diseño experimental con el fin de asegurar la validez estadística y la adecuada adaptación a las condiciones específicas del estudio. El DBCA fue el más idóneo, ya que permite organizar las unidades experimentales en bloques que reflejan fuentes conocidas de variabilidad, como diferencias en el tipo de suelo, niveles de sombra o humedad. Al asignar aleatoriamente los tratamientos dentro de cada bloque, se logra un control más efectivo de las condiciones ambientales, lo que lo convierte en una herramienta particularmente recomendable para investigaciones desarrolladas en campo abierto.

4.4. Manejo del experimento

Tomando en cuenta lo mencionado por Gómez (2022) en el desarrollo del presente

trabajo de investigación se distribuyó en dos etapas principales: Etapa de campo y Etapa de gabinete. El análisis funcional de los datos experimentales es un proceso esencial para validar la confiabilidad y precisión de los resultados obtenidos. Este análisis comienza con la evaluación de la normalidad de los residuos generados tras realizar un análisis de varianza (ANOVA), dado que uno de los supuestos fundamentales de esta prueba es que los errores o residuos del modelo se distribuyan normalmente. Para ello, se utiliza la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks, que debe aplicarse exclusivamente a los residuos del ANOVA y no directamente a los datos originales, ya que los residuos representan la variabilidad no explicada por el modelo y su normalidad es clave para la validez del análisis.

Si la prueba de normalidad indica que los residuos no provienen de una distribución normal, se procede a transformar los datos con el objetivo de estabilizar la varianza y aproximar la distribución a la normalidad. Las transformaciones más comunes incluyen la raíz cuadrada, el logaritmo en base 10 y el arco seno, siendo esta última especialmente útil para datos expresados en proporciones o porcentajes. Tras aplicar estas transformaciones, se vuelve a realizar la prueba de normalidad sobre los residuos transformados.

En caso de que, a pesar de las transformaciones, los residuos continúen sin cumplir con el supuesto de normalidad, se opta por pruebas estadísticas no paramétricas. La prueba de Kruskal-Wallis es la más utilizada en estos casos, ya que permite comparar tres o más grupos sin asumir que los datos sigan una distribución normal, evaluando si existen diferencias significativas entre las medianas de los grupos. Una vez que se ha establecido la existencia de diferencias significativas entre tratamientos, es necesario identificar cuáles grupos difieren entre sí mediante pruebas de comparación múltiple de medias. Entre las pruebas más comunes se encuentran Tukey (HSD), que controla el error tipo I en comparaciones múltiples; Fisher (LSD), que es más liberal y permite detectar diferencias pequeñas; Bonferroni, que ajusta el nivel de significancia para evitar errores tipo I en múltiples comparaciones; Duncan, que es sensible para detectar diferencias pequeñas; y Dunnett, que se utiliza exclusivamente para comparar varios tratamientos contra un control o testigo, pudiendo ser bilateral o unilateral.

Finalmente, para evaluar la dispersión relativa de los datos se calcula el coeficiente de

variación (CV), que expresa la desviación estándar como un porcentaje respecto a la media. Un CV elevado, superior al 20 %, puede indicar que el experimento ha sido afectado por factores externos o por variabilidad inherente a los tratamientos. Sin embargo, un CV alto no implica necesariamente que el experimento sea inválido, sino que se deben analizar cuidadosamente las posibles fuentes de variabilidad y la consistencia de los resultados obtenidos.

En conjunto, este procedimiento estadístico garantiza que el análisis de los datos sea riguroso y confiable, facilitando la interpretación adecuada de los resultados experimentales y la toma de decisiones fundamentadas en evidencias sólidas

4.4.1. Etapa de campo

Preparación del suelo. Como describe Partelli et al. (2019), en la etapa de campo comenzó con la preparación del sitio de prueba, que se seleccionó en función de la homogeneidad del suelo y la disponibilidad de recursos. Se realizó una evaluación preliminar del terreno para asegurar que cumpliera con las condiciones adecuadas para el cultivo de fréjol. Esto incluyó la revisión de factores como la textura del suelo, la capacidad de retención de agua y la presencia de nutrientes esenciales. Los investigadores tomaron muestras del suelo para analizar su composición y determinar si se necesitaban enmiendas para optimizar las condiciones para el crecimiento de las plantas.

Análisis del Suelo. Como referencia a Condori (2006), antes de la siembra, se llevó a cabo un análisis de suelo para evaluar el contenido de nutrientes y la necesidad de enmiendas. Este análisis facilitó la aplicación más precisa de té de estiércol, ajustando las cantidades según las necesidades específicas del suelo. En el análisis, se determinaron los niveles de nutrientes, el pH del suelo y su textura, lo que permitió optimizar las condiciones para el cultivo.

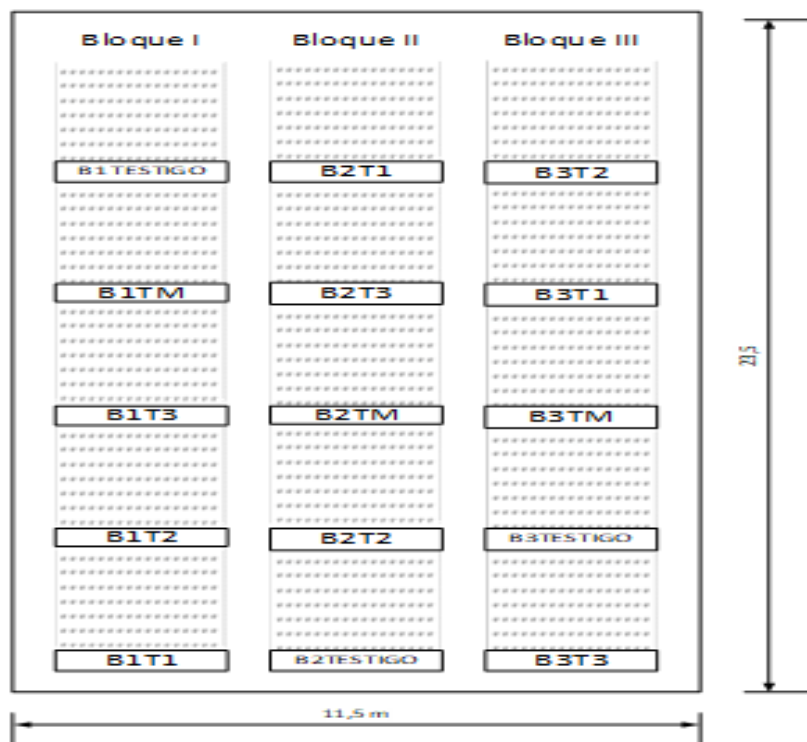
Nivelación del suelo. Considerando a lo mencionado por Cruz (2021), se llevó a cabo la nivelación del área seleccionada para garantizar una distribución uniforme del agua y

del fertilizante. Este proceso fue esencial para evitar la acumulación desigual de agua y asegurar que los nutrientes se distribuyeran de manera equitativa a lo largo del campo, optimizando así las condiciones para el crecimiento de las plantas.

Trazado del sitio experimental. El sitio experimental tuvo una superficie de 270,25 m² y se caracterizó por tener una pendiente del 2%. En esta parcela se trazaron caminos de 1 m de ancho y se dividió en tres bloques para la experimentación. Dentro de cada bloque, se distribuyeron al azar 15 parcelas experimentales, a cada una de las cuales se asignaron cuatro tratamientos diferentes, además de un testigo absoluto. La distribución y organización de los bloques y tratamientos se ilustran en la figura 2.

Figura 2.

Diseño de parcela absoluta de investigación

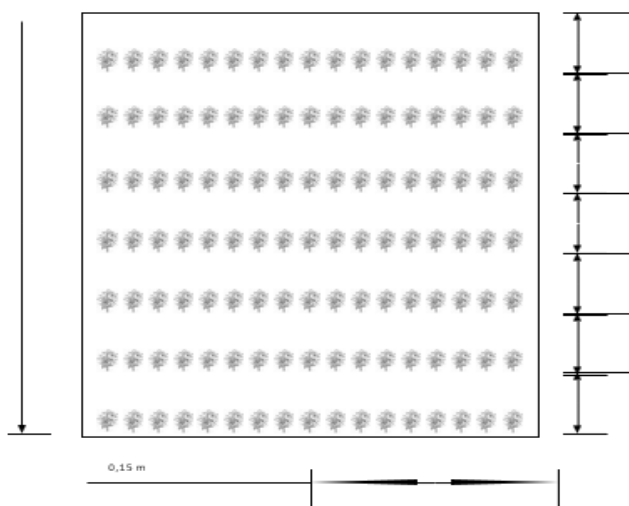


4.4.2. Unidades experimentales

Como señala, Alvarado et al. (2021), se diseñaron 15 unidades experimentales, cada una con una forma rectangular de 2,5 m de ancho por 3,5 m de largo, lo que resultó en una superficie de 8,75 m² por unidad experimental. La unidad experimental en este estudio tiene una superficie de 131,25 m², dividida en 15 unidades experimentales. Se establecieron caminos de 1 metro de ancho entre ellas para evitar interferencias entre parcelas. El número de plantas por unidad experimental se calculó con base en un área total de 10,000 m², tomando en cuenta el espaciado adecuado. Las plantas fueron tratadas con tres concentraciones de té de estiércol diluido en agua: 2 litros en 20 litros de agua (10%), 4 litros en 20 litros de agua (20%) y 6 litros en 20 litros de agua (30%). La aplicación del té se hizo de manera uniforme en cada unidad experimental. El cálculo de la concentración para cada tratamiento es el siguiente: T1 (2 litros en 20 litros de agua) tiene una concentración del 10%, T2 (4 litros en 20 litros de agua) tiene una concentración del 20% y T3 (6 litros en 20 litros de agua) tiene una concentración del 30%. Las distancias entre plantas y la disposición de las unidades experimentales fueron establecidas para asegurar que no haya interferencias y los resultados sean representativos. La disposición de las unidades experimentales y los caminos se muestra en las Figuras 2 y 3.

Figura 3.

Diseño de unida experimental

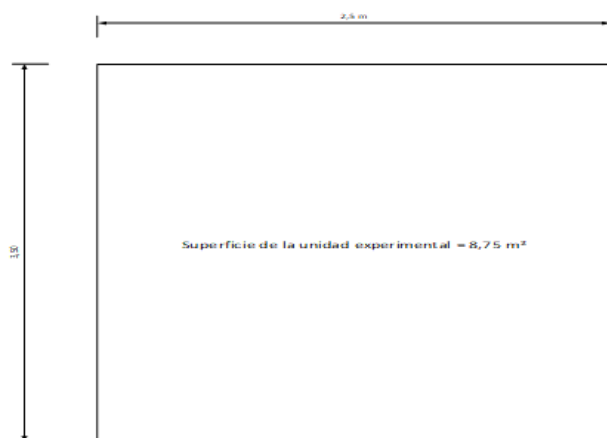


4.4.3. Tamaño de la unidad experimental

Se toma el tamaño de acuerdo a lo manifestado por Maintang et al. (2021) quienes consideran que en cada unidad experimental se trazaron seis surcos, con una distancia de 0,60 m entre ellos y una inclinación del 1% para facilitar el drenaje del agua. La distancia de siembra dentro de cada surco se estableció en 15 cm entre planta según recomendaciones.

Figura 4.

Superficie de unidades experimentales



4.4.3.1. Preparación del Té de Estiércol de ovino

El té de estiércol ovino se preparó siguiendo las recomendaciones establecidas Calle et al. (2021), para asegurar una mezcla adecuada. El proceso de elaboración implicó la fermentación del estiércol en agua durante un período específico de aproximadamente 7 días, lo que permitió la liberación de nutrientes y microorganismos beneficiosos. Tras la fermentación, la solución se filtró para eliminar partículas grandes y se diluyó a una concentración recomendada antes de su aplicación de 30 kg de estiércol en 150 l de agua en una relación de 2:10.

4.3.1.7. Aplicación de Té de Estiércol de ovino al cultivo

Dosificación y Aplicación

Se aplicaron tres dosis de té de estiércol ovino utilizando una regadera para cada planta en las unidades experimentales establecidas según el diseño. En el tratamiento con fertilizante, se utilizó agua de riego normal sin adición de té de estiércol, al igual que en la unidad experimental testigo. Asimismo, para las dosis de aplicación se consideró lo establecido por Calle et al. (2021), de tal manera, los tratamientos con fertilizante se prepararon manteniendo una concentración constante de 20% de té de estiércol ovino, pero variando la cantidad total aplicada. Las dosis de aplicación fueron las siguientes:

El experimento incluyó tres niveles de tratamiento con té de estiércol de ovino, estos diferenciados por la cantidad de fertilizantes disuelto en agua. Aunque la concentración del té de estiércol se mantuvo constante en un 20% en todos los tratamientos, la cantidad total varió, influyendo la disponibilidad de las plantas.

Para el tratamiento se considera la aplicación del té de estiércol establecido por Rodríguez (2022), con las siguientes dosis;

Tabla 9.

Tratamientos

T1: Alta	$2,55 \frac{kg}{m^2}$	0,04 litros
T2: Media	$1,55 \frac{kg}{m^2}$	0,025 litros
T3: Baja	$0,75 \frac{kg}{m^2}$	0,012 litros
T4: Fertilización mineral	(DAP 18-46-0, 3 kg/ha; Urea 46-0-0, 1 kg/ha; Muriato de potasio 60-0-0, 1 kg/ha).	
T5: Testigo	$0 \frac{kg}{m^2}$	0 litros

Tratamiento 1: Para la preparación se disolvieron 2 litros de té de estiércol de ovino

en 10 litros de agua, este tratamiento representó menor cantidad de fertilizantes aplicada, proporcionando una dosis baja de nutrientes al suelo y las plantas. Se anticipa debido a la menor cantidad de fertilizante, el crecimiento y desarrollo del cultivo puede ser limitado.

Tratamiento 2: Se mezclaron 4 litros de té de estiércol ovino en 20 litros de agua, este tratamiento correspondió a una aplicación moderada de fertilizante, lo que permitió un aporte intermedio de nutrientes, con ello, se espera un mejor desarrollo del cultivo en comparación con el nivel bajo.

Tratamiento 3: Consiste en la disolución de 6 litros de té de estiércol de ovino en 30 litros de agua. Este representó una mayor cantidad de fertilizante aplicada, asegurando un mayor aporte de nutrientes al suelo y las plantas, se prevé que este tratamiento favorezca un mejor crecimiento y rendimiento del cultivo.

Finalmente, tomando en cuenta a Játiva et al. (2019), el estiércol de té de ovino fue aplicado a las unidades experimentales (8,75 m²) en una dosis recomendada de 5 l/m² de té de estiércol de ovino, basada en las guías de fertilización.

El tratamiento 4 consiste en una fertilización mineral que utiliza tres productos: DAP (18-46-0) para aportar fósforo y nitrógeno, urea (46-0-0) para fortalecer el crecimiento vegetativo a través del nitrógeno, y muriato de potasio (60-0-0) para mejorar la resistencia de las plantas y la calidad de los frutos gracias al potasio. En contraste, el tratamiento T5, como testigo, no recibe ningún tipo de aplicación, sirviendo como base de comparación para evaluar los efectos de la fertilización.

El tratamiento T5 (testigo), es la condición de control, es decir, no se aplica ningún fertilizante ni tratamiento a las plantas. Este grupo sirve para comparar los efectos de los tratamientos con fertilización mineral (como el T4) con el comportamiento natural de las plantas sin intervención. La finalidad del testigo es observar cómo se desarrollan las plantas bajo condiciones sin fertilización, lo que permite evaluar la eficacia de los otros tratamientos.

4.4.4. Esquema del ANOVA

Tabla 10.*Esquema del ANOVA utilizado en el experimento*

Fuente de variación	Grados de libertad (gl)
Tratamientos	$k - 1$
Réplicas	$r - 1$
Error	$(k - 1)(r - 1)$
Total	$kr - 1$

En cuanto al manejo específico del experimento, se aplicó el té de estiércol de ovino durante cada riego, emulando un sistema de fertirrigación, tal como lo describen Maintang et al. (2021), quienes recomiendan esta metodología para asegurar una distribución uniforme del insumo y optimizar la absorción por parte de las plantas. Además, se realizó un monitoreo diario del desarrollo de las plantas para registrar el inicio de la formación de granos, definido como el momento en que al menos el 50% de las plantas en cada unidad experimental presentan granos formados, siguiendo el protocolo de Vásquez et al. (2024).

La variable dependiente principal, “Días a la formación de vaina”, se midió anotando el número de días transcurridos desde la siembra hasta el inicio de la formación de granos en cada unidad experimental. Este procedimiento se fundamenta en estudios previos como el de Jia et al. (2023), quienes aplicaron un análisis de varianza para comparar los días a la formación de granos entre tratamientos y control, determinando la significancia estadística de las diferencias observadas. Este enfoque integral, que incluye la definición clara de unidades experimentales, factores y tratamientos, así como un manejo riguroso y medición precisa de variables, garantiza la validez y reproducibilidad de los resultados, facilitando la interpretación y aplicación práctica de los hallazgos en el cultivo de fréjol.

4.4.5. Esquema del ADEVA

Tabla 11.

Esquema del ADEVA

FV	GL
Total	14
Tratamientos	4
Bloques	2
Error experimental	8

4.4.6. Análisis funcional

El análisis estadístico

Pruebas de Normalidad. De acuerdo a la importancia de las pruebas de normalidad y lo establecido por Luzuriaga et al. (2023), se evaluó la distribución de los datos mediante la prueba de normalidad de Shapiro- Wilk para verificar si los datos seguían una distribución normal.

Prueba de Homogeneidad. Luzuriaga et al. (2023) las pruebas de homogeneidad se ejecutan en estudios experimentales, por lo cual, se utilizó la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para evaluar la igualdad de las varianzas entre los grupos.

Análisis de Varianza (ADEVA). Como refiere Infante (2007), el uso de análisis de varianza es importantes en investigaciones agropecuarias. Bajo ese contexto, se realizó un análisis de varianza (ADEVA) para determinar si había diferencias significativas en las variables dependientes entre los tratamientos. Este análisis permitió evaluar la efectividad de los diferentes tratamientos (Fisher, 1925).

Prueba de Tukey. De acuerdo con Carro et al. (2017), para identificar diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey al 5%, la cual permite realizar comparaciones múltiples y ajustar los errores tipo I.

Preparación y aplicación de los tratamientos

El té de estiércol se preparará mediante la fermentación controlada del estiércol fresco, siguiendo protocolos estandarizados para garantizar la calidad y estabilidad del producto. La fermentación se realizará durante un periodo determinado (por ejemplo, 7 a 10 días), con agitación periódica y control de temperatura para optimizar la liberación de nutrientes y microorganismos beneficiosos.

Para la aplicación en drench, el té se diluirá en agua para obtener las concentraciones deseadas (10%, 20%, 30%), calculando cuidadosamente el volumen total por metro cuadrado y por unidad experimental. La mezcla se aplicará directamente al suelo en la base de cada planta, utilizando mochilas de aspersión calibradas para asegurar uniformidad y evitar contacto foliar que podría generar fitotoxicidad.

La aplicación se realizará en horas de la mañana, preferentemente antes de las 10 am, para aprovechar las condiciones ambientales que favorecen la absorción y minimizar pérdidas por evaporación. Se registrará el volumen aplicado en cada tratamiento y réplica para garantizar la trazabilidad y reproducibilidad.

Evaluación y análisis de datos

Durante el ciclo del cultivo, se realizarán mediciones periódicas de las variables dependientes, siguiendo protocolos estandarizados para asegurar la precisión y comparabilidad de los datos. Al finalizar el ciclo, se procederá a la cosecha y análisis de rendimiento y calidad del grano.

Los datos serán sometidos a análisis estadísticos adecuados, incluyendo análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias significativas entre tratamientos, pruebas de comparación múltiple (Tukey, Duncan) para identificar tratamientos específicos que difieran, y análisis de interacción factorial para evaluar efectos combinados.

Tabla 12.*Análisis de requerimiento de agua con concentración de té de estiércol de ovino aplicado al cultivo de fréjol*

Tratamiento	Concentración	Proporción de Té de Estiércol	Cantidad Total de Mezcla por m ²	Cantidad de Té de Estiércol por m ²	Cantidad de Agua por m ²	Cantidad Total de Mezcla para Unidad Experimental	Cantidad Total de Té de Estiércol para Unidad Experimental	Cantidad Total de Agua para Unidad Experimental	Cantidad Total de Té de Estiércol por bloque (litros)	Cantidad Total de Agua por bloque (litros)
T1	2,55 $\frac{kg}{m^2}$ que equivalen a 0,04 litros	10%	5 litros	0,5 litros	4,5 litros	43.75 litros	4.375 litros	39.375 litros	4.375	39.375
T2	1,55 $\frac{kg}{m^2}$ que equivalen a 0,025 litros	20%	5 litros	1 litro	4 litros	43.75 litros	8,75 litros	35 litros	8.75	35
T3	0,75 $\frac{kg}{m^2}$ que equivalen a 0,012 litros	30%	5 litros	1,5 litro	3,5 litros	43.75 litros	13.125 litros	30.625 litros	13.125	30.625
T4	mineral	0%	5 litros	0 litro	5 litros	43.75 litros	0 litros	43,75 litros	0	43.75
T5	Sin té de estiércol	0%	0 litros	0 litros	0 litros	0 litros	0 litros	0 litros	0	0

Se estableció un calendario para la aplicación de té de estiércol ovino, ajustado a lo que afirma Guamán et al. (2020) menciona sobre las condiciones climáticas locales y al ciclo de crecimiento del fréjol. La frecuencia de aplicación, se midió la humedad del suelo antes de cada aplicación, adaptando el calendario según las necesidades específicas del cultivo y las condiciones ambientales. Por otro lado, se considera 9 riegos totales los meses de la evaluación del experimento fuero de precipitaciones fuertes, se utilizó 5,9 m³ total entre mezcla de fertilizantes de té de estiércol y agua para todas las unidades experimentales de los tratamientos aplicados en la investigación.

Para el desarrollo del experimento, se estimó el requerimiento total de agua para cada tratamiento y su distribución en los bloques experimentales. Cada tratamiento, incluyendo el testigo y el tratamiento mineral se necesitó un total de 131,25 litros de agua por los tres bloques en cada riego. Considerando que los tanques disponibles tienen una capacidad de 200 litros, se determinó que cada tratamiento requería aproximadamente 0,7 tanques por riego.

Dado que el experimento contempló 9 riegos en total, el consumo de agua por tratamiento ascendió a 1181,25 litros, lo que equivale a 5,9 tanques de 200 litros. Al considerar la totalidad de los tratamientos, incluyendo testigo, mineral, T1, T2 y T3, el consumo de agua alcanzó los 5906,25 litros. Esto implicó el uso de 29,5 tanques de 200 litros para completar el ciclo de riego del experimento.

4.3.1.8. Manejo del Agua de riego

El manejo del riego se realizó en las unidades experimentales utilizando una regadera para evaluar la dosificación y la cantidad de agua combinada con estiércol empleada en la investigación. En las unidades experimentales sin tratamiento de estiércol, el riego se aplicó por gravedad hasta alcanzar la humedad requerida para el cultivo de fréjol. Este procedimiento se llevó a cabo, sobre lo mencionado por Chavarria et al. (2020), tanto en la unidad experimental que recibió fertilizante químico como en la unidad experimental testigo dentro de los tres bloques establecidos para el estudio. Con una dosificación de 0,42 l / planta.

4.3.1.9. Monitoreo de Nutrientes y Salud de las Plantas

Evaluación de la Fertilidad del Suelo. Se llevó a cabo una evaluación en laboratorio laborort (Ver anexo 2) del té de estiércol ovino para determinar los aportes nutricionales que este proporciona al suelo y a las plantas de fréjol. La evaluación permitió justificar la aplicación del té de estiércol de ovino, asegurando que los niveles de nutrientes sean adecuados para el cultivo. Este análisis es respaldado por Julca et al. (2019), donde menciona

la decisión de utilizar el té de estiércol como enmienda, garantizando su efectividad en la nutrición de las plantas y la calidad del suelo.

4.3.1.9. Variable dependiente Altura de planta a la floración

Para medir la altura de las plantas de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) en el momento de la floración, se siguió un procedimiento estandarizado diseñado para obtener datos precisos y consistentes. A continuación, se detalla el proceso adoptado para la selección y medición de las plantas muestrales.

Selección de Plantas Muestrales. En total, se seleccionaron 45 plantas, distribuidas equitativamente entre las unidades experimentales, lo que representó el 5% de la población total de plantas en el área de estudio. Según Játiva et al. (2019), para garantizar que las plantas seleccionadas estuvieran en un estado de desarrollo similar y representativo de la población, se aplicó un método de muestreo en forma de "X" en cada unidad experimental. Este método de muestreo, de acuerdo con Partelli et al. (2019), es eficaz para asegurar que las plantas seleccionadas sean representativas del conjunto, minimizando el sesgo en la elección y asegurando la homogeneidad en el estado fenológico de las plantas.

En el ensayo experimental el muestreo en forma de "X" permite una cobertura uniforme del área experimental, asegurando que las mediciones reflejen adecuadamente la variabilidad dentro de la unidad experimental. Este enfoque es consistente con prácticas estandarizadas en investigaciones agronómicas como es el caso de Alvarado et al. (2021), que buscan obtener datos representativos y fiables sobre el crecimiento de las plantas

Medición de la Altura de las Plantas. Para la medición se tomó en cuenta lo establecido por Rodríguez (2022), se utilizó una regla calibrada para medir la altura de cada planta de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) desde el nivel del suelo hasta el ápice de la planta, que incluye las ramas principales y la parte superior de las flores. Las mediciones se llevaron a cabo en un lugar plano para asegurar la precisión. Se verificó que la regla estuviera en posición vertical y alineada con el tallo principal para minimizar los errores de lectura.

De igual manera, Alvarado et al. (2021), hace énfasis sobre el apunte, por lo cual, se registró la altura medida en una hoja de datos para cada planta evaluada. Se seleccionaron 5 plantas por tratamiento, con un total de 6 tratamientos, lo que dio lugar a la medición de 30 plantas por unidad experimental. Según lo recomendado en estudios de investigación agronómica, evaluar solo 5 plantas por tratamiento en un ensayo experimental podría no ser suficiente para garantizar una muestra representativa y fiable. Para reflejar adecuadamente la variabilidad del cultivo y minimizar los errores estadísticos, se recomienda una muestra más amplia que capture la heterogeneidad del cultivo y proporcione resultados.

Finalmente, como describe Calle et al. (2021), se calculó la altura promedio de las plantas dentro de cada tratamiento para obtener una estimación general del crecimiento durante la floración. Este promedio se utilizó para comparar los diferentes tratamientos y evaluar el efecto de las condiciones de cultivo o tratamientos aplicados esta medida se realizó en el estado de floración

4.3.1.10. Variable dependiente Días a la floración

Debido a la importancia Rodríguez (2022) establece la necesidad de monitoreo, bajo ese contexto, se realizó un monitoreo diario de las plantas para registrar el inicio de la floración. Se consideró que la floración al menos el 50% de las plantas sembradas presentaban flores abiertas. Adicional, Vásquez et al. (2024), enfatizan que se debe realizar anotaciones desde la siembra hasta el inicio de la floración para cada unidad experimental. Estos datos se recopilaron de forma sistemática y se registraron en una hoja de cálculo los datos para su análisis posterior

4.3.1.11. Variable dependiente Días a la formación de vaina en plantas de fréjol (*Phaseolus vulgaris*)

En el presente estudio, las unidades experimentales se determinaron como el producto del número de tratamientos por las réplicas, ya que a mayor cantidad de unidades experimentales se reduce el error experimental, aumentando la confiabilidad de los datos

obtenidos. Guamán et al. (2020), establece el tamaño de cada unidad experimental se definió considerando la disponibilidad de recursos y las características del cultivo; por ejemplo, en investigaciones con plantas, una unidad experimental puede estar constituida por un número determinado de plantas representativas, mientras que en estudios con animales se recomienda un mínimo de diez especímenes para animales pequeños y tres para animales mayores, tomando como respuesta experimental el promedio de las variables medidas en cada unidad.

Por su parte, R. Ramírez et al. (2023), afirma los factores de estudio en este experimento corresponden a las dosis de té de estiércol de ovino aplicadas a las plantas de fréjol, las cuales fueron establecidas en cuatro niveles: control sin aplicación (T0), 25% de la dosis recomendada (T1), 50% (T2) y 75% (T3), esta definición clara de los niveles permite evaluar el efecto del insumo orgánico en el desarrollo del cultivo. La simbología y descripción de los tratamientos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 12.

Simbología y descripción de los tratamientos aplicados

Tratamiento	Descripción
T0	Control (sin aplicación)
T1	Aplicación de 25% dosis de té de estiércol
T2	Aplicación de 50% dosis de té de estiércol
T3	Aplicación de 75% dosis de té de estiércol

Nota. T0 = tratamiento control; T1, T2 y T3 = tratamientos con diferentes dosis de té de estiércol aplicadas a las unidades experimentales. La simbología facilita la identificación y comparación de los tratamientos en el análisis estadístico.

Para el análisis estadístico, se utilizó un diseño completamente al azar con réplicas, y el esquema del ANOVA. En cuanto al manejo específico del experimento, se aplicó el té de estiércol de ovino durante cada riego, emulando un sistema de fertirrigación, tal como lo describen Maintang et al. (2021), quienes recomiendan esta metodología para asegurar una distribución uniforme del insumo y optimizar la absorción por parte de las plantas. Además, se realizó un monitoreo diario del desarrollo de las plantas para registrar el inicio de la formación de granos, definido como el momento en que al menos el 50% de las plantas en

cada unidad experimental presentan granos formados, siguiendo el protocolo de Vásquez et al. (2024).

La variable dependiente principal, “Días a la formación de vaina”, se midió anotando el número de días transcurridos desde la siembra hasta el inicio de la formación de granos en cada unidad experimental. Este procedimiento se fundamenta en estudios previos como el de Jia et al. (2023), quienes aplicaron un análisis de varianza para comparar los días a la formación de granos entre tratamientos y control, determinando la significancia estadística de las diferencias observadas. Este enfoque integral, que incluye la definición clara de unidades experimentales, factores y tratamientos, así como un manejo riguroso y medición precisa de variables, garantiza la validez y reproducibilidad de los resultados, facilitando la interpretación y aplicación práctica de los hallazgos en el cultivo de fréjol.

4.3.1.12. Variable dependiente Número de granos por plantas

Al final del ciclo de crecimiento, se procedió a la cosecha de las plantas. Para medir el número de granos por planta, se seleccionaron al azar 5 plantas por parcela. Los granos de cada vaina se contaron individualmente por planta para obtener una estimación precisa del número total de granos producidos por planta. Es importante destacar que estudios previos sugieren que una muestra se considera de acuerdo a la cantidad de la muestra. Según Calle et al. (2021), la selección de una muestra mayor al menos de 5 plantas por cada tratamiento aplicado lo que proporciona una mejor estimación de la variabilidad en la producción y reduce los márgenes de error en los resultados.

Por otro lado, Játiva et al. (2019) refieren sobre la cantidad de los granos, en ese contexto, que el número por planta se registró en una hoja de datos para cada planta seleccionada. Los datos se organizaron y promediaron para cada tratamiento y para el grupo control, proporcionando una medida clara del rendimiento de las plantas bajo diferentes condiciones de fertilización

Se llevó a cabo un análisis estadístico como mencionan Jia et al. (2023), para comparar

el número de granos por planta entre las unidades experimentales con diferentes dosis de té de estiércol y el grupo control. Se utilizó un análisis de varianza (ADEVA) para determinar la significancia de las diferencias observadas entre los tratamientos

4.3.1.13. Variable dependiente Peso de 100 granos

Al final del ciclo de crecimiento, las plantas fueron cosechadas y se seleccionaron muestras de 100 granos de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) de cada parcela. Los fréjoles fueron recolectados manualmente y se descartaron aquellos que no cumplieran con los criterios de tamaño y calidad. Por lo mencionado por Vásquez et al. (2024), los granos de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) fueron pesados con una balanza de precisión para determinar su peso. Se realizaron varias 5 repeticiones para obtener una media precisa del peso de 100 g. Los datos obtenidos se compararon entre las parcelas de las unidades experimentales y las no tratadas para evaluar el impacto del estiércol de té de ovino en el peso final de los fréjoles

4.1.3.14. Variable dependiente Rendimiento de fréjol (*Phaseolus vulgaris*)

Al finalizar el ciclo de crecimiento, se procedió a la cosecha de las plantas. Se recolectaron muestras de plantas de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) de cada unidad experimental, y se contabilizó el rendimiento total en función del peso seco de las plantas. Se toma en cuenta el estudio de Arellano et al. (2019), por lo cual, cada planta fue pesada individualmente utilizando una balanza de precisión para obtener datos exactos. Se calculó el rendimiento total de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) por unidad, así como el rendimiento promedio por planta. Estos datos se compararon entre las unidades experimentales tratadas con estiércol de té de ovino y las del grupo de control para evaluar el impacto del tratamiento en el rendimiento de las plantas.

4.3.2. Etapa de gabinete

4.3.2.1. Comparación de Resultados

Como refiere Vásquez et al. (2024), los resultados obtenidos del cultivo tratado con té de estiércol de ovino se compararon con los rendimientos de cultivos no tratados y de cultivos

fertilizados con otros métodos. Esta comparación permitió evaluar la efectividad del té de estiércol de ovino en comparación con prácticas de fertilización alternativas

Adicional, tomando en cuenta a Maintang et al. (2021), se utilizaron métodos estadísticos para analizar las diferencias en el rendimiento entre los diferentes tratamientos, lo que facilitó una evaluación objetiva de la influencia del té de estiércol en el rendimiento del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*). La etapa de gabinete de acuerdo con Rodríguez (2022) se estructuró en tres fases:

Fase 1: Consistió en analizar los datos obtenidos para evaluar la efectividad del té de estiércol ovino en términos de sostenibilidad y su impacto en el rendimiento del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*). Esta fase incluyó la sistematización y organización de los datos recolectados durante el trabajo de campo, utilizando matrices derivadas del cuaderno de campo para realizar el análisis.

Fase 2: Se centró en la validación e interpretación de los resultados. Esta etapa implicó la discusión de los hallazgos en relación con las variables estudiadas, permitiendo una comprensión más profunda de los efectos del té de estiércol en el cultivo.

Fase 3: Consistió en la elaboración, redacción y presentación del informe final del documento de tesis, integrando todos los análisis y conclusiones obtenidas a lo largo de la investigación (p.120).

4.1.1. Procesamiento de la información

Procesamiento de datos

Los datos obtenidos durante la investigación se organizaron inicialmente utilizando Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corp., 2016) para facilitar su manejo y visualización. Posteriormente, se procesaron con el software estadístico Infostat 2020 para estudiantes (Di Rienzo et al., 2020) para llevar a cabo el análisis estadístico de las variables dependientes estudiadas.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de normalidad y homogeneidad de las variables

5.1.1. Altura de planta de fréjol a la floración

Los resultados de varianza (ADEVA), para la variable dependiente "altura de planta de fréjol a la floración", mostraron que los tratamientos aplicados influyeron de forma altamente significativa en la altura de planta de fréjol a la floración ($F = 65,36$; $p < 0,0001$), lo que indica diferencias estadísticas claras entre ellos. Esto indica que hay diferencias altamente significativas en la altura de las plantas de fréjol entre los diferentes tratamientos de fertilización. El error experimental fue bajo ($CM = 1,4$), y el coeficiente de variación (CV) de 2,61% confirma que el experimento fue preciso y confiable. El efecto de los bloques no fue significativo ($p = 0,1126$), lo cual indica que no influyeron en la variable de estudio y que el diseño experimental fue adecuado para controlar la variabilidad. El promedio de altura de los tratamientos es de 45,33 cm, valor que sirve como referencia para evaluar la efectividad de los tratamientos.

Tabla 13.

Análisis de varianza para la altura de planta de fréjol a la floración

FV	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Total	385,33	14				
Tratamientos	366	4	91,5	65,36	<0,0001	**
Bloques	8,13	2	4,07	2,9	0,1126	ns
Error Experimental	11,2	8	1,4			
CV =		2,61%				
Promedio		45,33	cm			

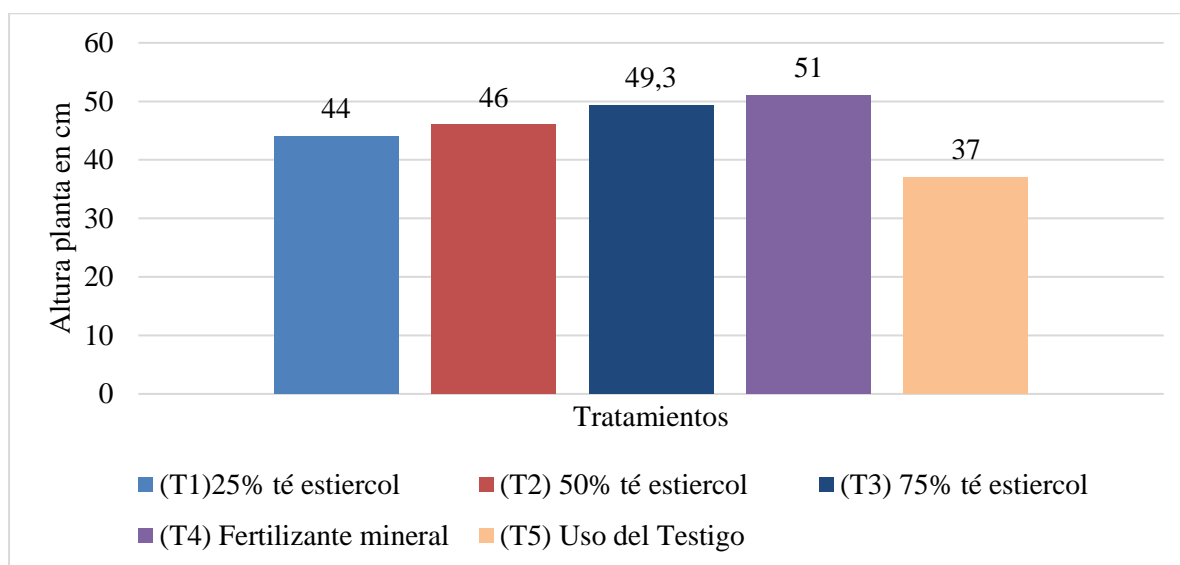
Nota. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) FV = Fuentes de variación, SC = Suma de cuadrados, gl = grados de libertad, CM = Cuadrados medios F = prueba de F cociente de dos varianzas, p-valor con valor de alfa (α) de 0,05, p-valor, Sig. = valor de significancia (* significativo y ns no significativo), CV = coeficiente de variación (%), p = promedio de las medias. calculado con el software Infostat estadístico versión 2020 e.

Después de haber encontrado diferencias significativas en el análisis de varianza (ADEVA). Se realiza la comparación de las medias en un gráfico de barras con el propósito de identificar cuáles de los tratamientos difieren significativamente entre sí.

El tratamiento T4, que corresponde al mineral, y el T3, el té de estiércol en dosis altas, muestran una diferencia mínima en altura de las plantas, con valores de 51 cm y 49,33 cm respectivamente. Aunque la diferencia no es significativa, se observa que T3 tiene un rendimiento superior al T2 (té de estiércol con dosis intermedias), que alcanzó una altura de 46 cm. Finalmente, en el T1 con té de estiércol con dosis bajas se registró la altura más baja en comparación con todos los tratamientos, con 43,33 cm.

Figura 5.

Comparación tratamiento utilizado con altura planta de fréjol a la floración (cm)



El análisis de la aplicación de tratamientos de (T1) 25% té estiércol, (T2) 50% té estiércol, (T3) 75% té estiércol, (T4) fertilizantes minerales y (T5) testigo; muestra que existe mayor significancia en la aplicación de fertilizantes minerales (T4), la cual demostró ser significativamente más efectiva en la promoción del crecimiento del fréjol en la etapa de floración, presentando la mayor altura promedio de planta.

Este resultado coincide con lo reportado por Wong et al. (2023), quienes argumentan que los fertilizantes minerales proporcionan nutrientes de forma rápida y directamente disponible para las plantas, favoreciendo un crecimiento vigoroso, especialmente en cultivos de ciclo corto. Por ello, de acuerdo con los datos descritos en la figura 5, el T4 superó de manera clara a los tratamientos orgánicos, lo que respalda dicha afirmación.

En contraste, el tratamiento T3 (aplicación al 100% de té de estiércol ovino) mostró resultados intermedios, pero bastante cercanos al tratamiento T4, lo cual sugiere que, aunque el té de estiércol no tiene un efecto tan inmediato como el fertilizante mineral, sí puede alcanzar niveles similares de efectividad cuando se aplica en dosis completas. Este hallazgo concuerda parcialmente con Rodríguez et al. (2020), quienes señalan que el té de estiércol ovino aporta nutrientes importantes y mejora la estructura del suelo, aunque su eficacia depende de factores como la dosis, el tiempo de aplicación y las condiciones edáficas. En nuestro caso, se evidencia que dosis menores como las de T1 (25%) y T2 (50%) no fueron suficientes para promover un desarrollo óptimo, lo que reafirma la necesidad de aplicar concentraciones adecuadas para observar beneficios reales.

Por otro lado, el tratamiento T5 (otro o testigo), aunque mostró un crecimiento inicial aceptable, resultó ser el menos efectivo a largo plazo, lo que sugiere una deficiencia en la disponibilidad de nutrientes esenciales para sostener el desarrollo durante etapas críticas como la floración. Estos resultados discrepan de algunos estudios que proponen que ciertos suelos bien estructurados podrían mantener el crecimiento sin necesidad de fertilización intensiva, lo cual no fue el caso en este experimento.

En conjunto, los resultados confirman que la fertilización mineral (T4) es eficaz para maximizar la altura de las plantas en floración. No obstante, el té de estiércol ovino al 75% (T3) se presenta como una alternativa viable en sistemas agroecológicos, siempre que se usen dosis adecuadas. Por lo que se podría explorar la posibilidad de aprovechar una combinación de fertilizantes minerales y orgánicos, aprovechando su sinergia, tanto la rápida disponibilidad de nutrientes como los beneficios a largo plazo sobre el suelo, como sugieren Mendoza y López (2021).

5.1.2. Días a la floración de la planta de fréjol

En la tabla 13 se analizan los resultados para la fuente de variación tratamientos, en donde el valor de F calculada es de 1,57 y el P-valor 0,2714 para los tratamientos son altos, indicando que no hay diferencias significativas en los días a la floración entre los diferentes tratamientos aplicados. Esto sugiere que el tipo de tratamiento no afecta significativamente el tiempo hasta la floración de las plantas de fréjol en este experimento. El Coeficiente de Variación es de 9,07%; es relativamente bajo, lo que indica que los datos de los días a la floración tienen una buena precisión y consistencia en el experimento.

El análisis muestra que ni los tratamientos aplicados ni las variaciones entre bloques tienen un impacto significativo en los días a la floración de la planta de fréjol. La falta de significancia en ambos casos sugiere que, en este experimento específico, el tiempo hasta la floración no está influenciado por el tipo de tratamiento aplicado o la variabilidad entre bloques. La baja variabilidad en los datos, indica que los resultados son consistentes y precisos, aunque no muestran diferencias significativas entre los tratamientos. Esto puede implicar que otros factores, no considerados en el experimento, podrían estar influyendo en los días a la floración. El promedio de días a la floración de las medias de los tratamientos es de 48 días.

Tabla 13.

Análisis de varianza de la variable dependiente: días a la floración de la planta de fréjol

FV	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Tratamientos	92,4	4	23,1	1,57	0,2714	ns
Bloques	45,73	2	22,87	1,56	0,2687	ns
Error Experimental	117,6	8	14,7			
Total	255,73	14				
CV =					9,07%	
Promedio					48 días	

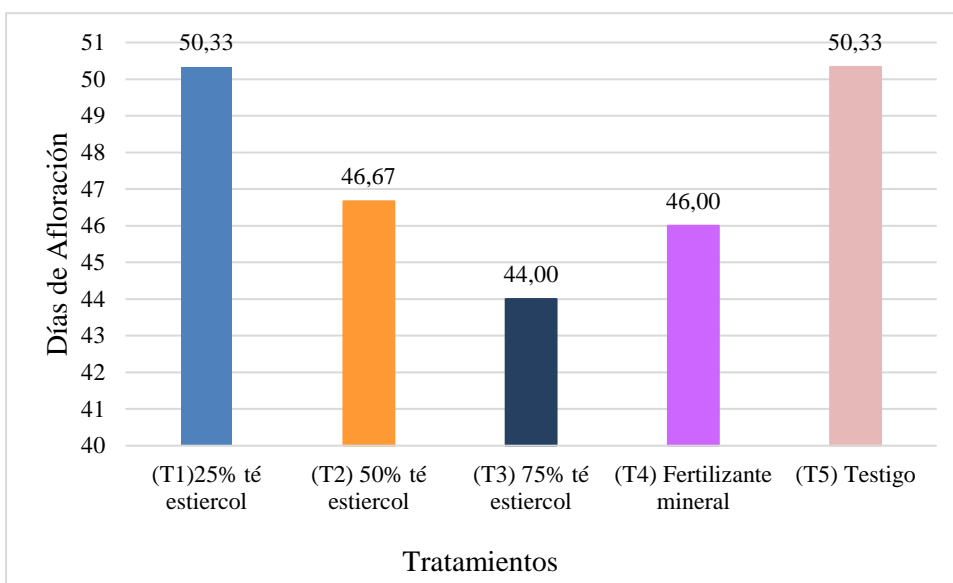
Nota. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) FV = Fuentes de variación, SC = Suma de cuadrados, gl = grados de libertad, CM = Cuadrados medios F = prueba de F cociente de dos varianzas, p-valor con valor de alfa (α) de 0,05, p-valor, Sig. = valor de significancia (* significativo y ns no significativo), CV = coeficiente de variación (%), p = promedio de las medias. calculado con el software Infostat estadístico versión 2020 e

En la tabla 13, indica que no se encuentran diferencias significativas en los días de floración entre los tratamientos. El análisis de medidas demuestra que los tratamientos: T1, T2, T3, T4 y T5 presentan valores dentro del rango de la Diferencia Mínima Significativa DMS, lo que confirma que no existen variaciones estadísticamente relevantes en el tiempo de floración de la planta de fréjol. Esto sugiere que ninguno de los tratamientos logró atrasar o adelantar la floración.

La agrupación bajo la misma letra "A" sugiere que, en el contexto del nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), todos los tratamientos se comportan de manera similar en cuanto a los días a la floración. No se puede distinguir un tratamiento que resulte en una floración significativamente más temprana o tardía en comparación con los demás tratamientos.

Figura 6.

Comparación de medias de la variable: días a la floración de la planta de fréjol



Los datos muestran que el tratamiento con 75% de té de estiércol (T3) indujo una floración más temprana en las plantas de fréjol, con un promedio de 44 días, seguido por el tratamiento con fertilizante mineral (T4) con 46 días. Los tratamientos T2 (50% té de estiércol) y T1 (25%) presentaron tiempos de floración de 46,67 y 50,33 días,

respectivamente. El testigo (T5), sin fertilización, también mostró floración a los 50,33 días, al igual que el T1. Estos resultados indican que, a mayor concentración de té de estiércol, la floración tiende a ocurrir antes, y que tanto los tratamientos T3 como T4 favorecen una floración más precoz en comparación con el testigo.

Estos hallazgos coinciden parcialmente con investigaciones previas que sugieren que el tiempo de floración está influido más significativamente por factores ambientales y genéticos que por el tipo de fertilización. Partelli et al. (2019) señalan que, si bien los fertilizantes pueden impactar el crecimiento general, su efecto directo sobre el inicio de la floración es limitado y dependiente del entorno y del genotipo del cultivo. En este estudio, la respuesta diferencial observada, especialmente con T3 y T4, sugiere que ciertas fuentes y concentraciones de nutrientes pueden acelerar procesos fisiológicos si coinciden con las necesidades específicas del cultivo.

Rodríguez (2022) también subraya que el entorno y la genética tienen un peso determinante en la floración. Sin embargo, los resultados actuales sugieren que el manejo nutricional, particularmente con abonos orgánicos como el té de estiércol al 75% y los fertilizantes minerales, puede modular el tiempo de floración en condiciones adecuadas. Esto coincide con lo propuesto por Messina (2020), quien menciona que la optimización de la fertilización debe adaptarse a las condiciones del cultivo para generar efectos visibles. Así, aunque la fertilización no es el único factor, sí puede influir positivamente cuando se ajusta correctamente, como se evidencia en T3 y T4.

5.1.3. Días a la formación de granos

Significancia de los Tratamientos: El p-valor asociado a los tratamientos es 0,0001, lo que es significativamente menor que el nivel de significancia α (0,05). Esto indica que los tratamientos tienen un efecto significativo sobre el número de días a la formación de granos. Las diferencias en la aplicación de fertilizantes o en los tratamientos utilizados han influido de manera significativa en el tiempo que las plantas tardan en formar granos.

El bajo valor del error experimental (3,85) y el coeficiente de variación (4,02%) sugieren que el modelo tiene una alta precisión y que la variabilidad dentro de los tratamientos es baja en comparación con la variabilidad explicada por los tratamientos. Esto refuerza la validez de los resultados del análisis.

Los resultados indican que los tratamientos tienen un impacto significativo en los días a la formación de granos, sugiriendo que diferentes métodos de fertilización o tratamientos pueden alterar el tiempo requerido para que las plantas de fréjol comiencen a formar granos. Los bloques no tienen un efecto significativo, lo que refuerza que las diferencias observadas están relacionadas con los tratamientos en lugar de la variabilidad entre bloques experimentales.

Tabla 14.

Análisis de varianza la variable dependiente Días a la formación de granos

FV	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Tratamientos	464,4	4	116, 1	30,16	0,0001	*
Bloques	1,2	2	0,6	0,16	0,8582	ns
Error Experimental	30,8	8	3,85			
Total	496,4	14				
CV =		4,02%				
Promedio		49 días				

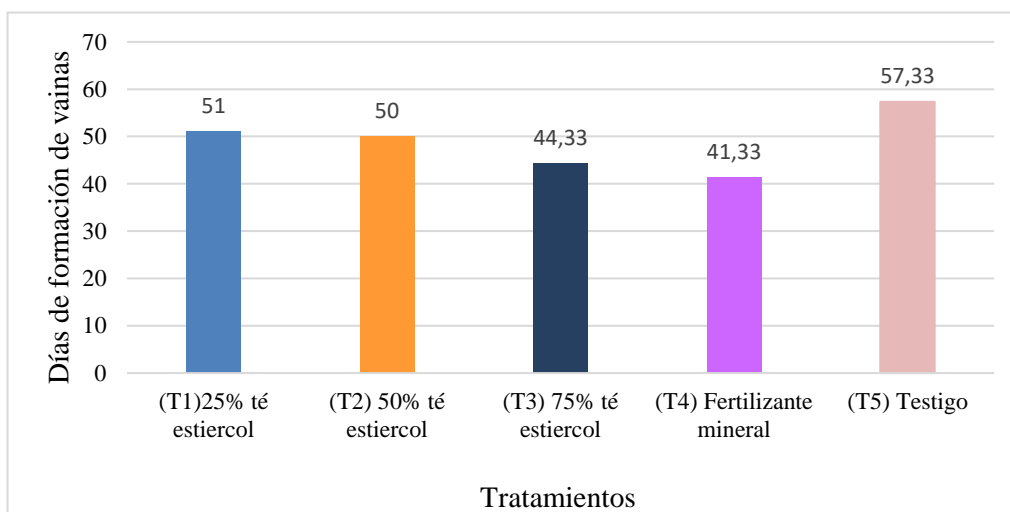
Nota. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) FV = Fuentes de variación, SC = Suma de cuadrados, gl = grados de libertad, CM = Cuadrados medios F = prueba de F cociente de dos varianzas, p-valor con valor de alfa (α) de 0,05, p- valor, Sig. = valor de significancia (* significativo y ns no significativo), CV = coeficiente de variación (%), p = promedio de las medias. calculado con el software Infostat estadístico versión 2020 e.

En la figura 7 podemos observar representado en barras que los tratamientos T5, T1 y T2 tienen medias de días a la formación de granos de 57,33; 51,00 y 50,00, por lo que comparten la letra "B", indicando que no hay diferencias significativas entre ellos. Esto significa que no hay evidencia suficiente para afirmar que estos tratamientos afectan de manera distinta el tiempo necesario para la formación de granos. De igual manera, se analizan

los tratamientos T3 y T4, que tienen medias de 44,33 y 41,33 días, respectivamente. Ambos tratamientos comparten la letra "C", lo que indica que no hay diferencias significativas entre ellos, pero sí son significativamente diferentes de T5, T1 y T2. Esto sugiere que T3 y T4 reducen de manera significativa el tiempo a la formación de granos en comparación con los otros tratamientos. Los resultados del test de *Tukey* muestran que los tratamientos T3 y T4 son los que reducen más significativamente el número de días a la formación de granos en comparación con los tratamientos T1, T2 y T5. Los tratamientos T5, T1 y T2 no muestran diferencias significativas entre sí, pero son significativamente distintos de T3 y T4. Esto indica que T3 y T4 son más eficaces para acelerar la formación de granos en las plantas de fréjol, mientras que T1, T2 y T5 tienen un efecto similar y menos efectivo en comparación.

Figura 7.

Comparación de medias de la variable: días a la formación de vainas



El análisis de varianza mostró que los tratamientos tienen un efecto significativo en los días necesarios para la formación de granos en las plantas de fréjol ($p = 0,0001$). Esto indica que los diferentes tratamientos investigados afectan el tiempo hasta la formación de granos. Estos resultados son consistentes con estudios previos que han documentado que el tipo y la concentración de fertilizantes influyen en el desarrollo de los cultivos. En particular, Condori (2006) afirma que las aplicaciones de fertilizantes orgánicos, como el té de estiércol de ovino, han demostrado acelerar el desarrollo de granos en comparación con fertilizantes

químicos.

De manera similar, Celmeli et al. (2018) refieren que la mayor eficiencia de los tratamientos con té de estiércol de ovino en reducir el tiempo a la formación de granos se alinea con los hallazgos de otros estudios que sugieren que los fertilizantes orgánicos pueden mejorar la disponibilidad de nutrientes y, en consecuencia, acelerar el desarrollo de las plantas. La prueba de Tukey reveló que los tratamientos T3 y T4, que implican mayores concentraciones de té de estiércol de ovino, resultaron en una formación de granos más rápida en comparación con los tratamientos T1, T2 y T5.

Estos resultados son congruentes con las investigaciones existentes, por Alvarado et al. (2021), que sugieren que las concentraciones más altas de fertilizantes orgánicos suelen ser más efectivas en la promoción de un desarrollo rápido. Por otro lado, los tratamientos con fertilizantes químicos y concentraciones más bajas de té de estiércol no mostraron diferencias significativas entre ellos, lo que podría indicar que estos tratamientos tienen un efecto limitado en la aceleración del tiempo de formación de granos.

5.1.4. Número de granos por planta

El análisis de la variable número de granos por planta muestra un valor significativo para los tratamientos: el F calculado = 122,92 y el p valor de $< 0,0001$, indicando que los diferentes tratamientos tienen un impacto considerable en el número de granos producidos por planta. En contraste, los bloques no presentan un efecto significativo de la F calculada = 2,39 y el p valor = 0,1537, sugiriendo que las variaciones en el número de granos no se deben a diferencias entre bloques experimentales, sino principalmente a los tratamientos aplicados.

El efecto significativo de los tratamientos: El valor de F alto y el p-valor muy bajo ($<0,0001$) para los tratamientos indican que hay diferencias significativas en el número de granos producidos por planta entre los diferentes tratamientos. Este resultado resalta que los tratamientos de fertilización tienen un impacto importante en la producción de granos, lo que es consistente con estudios que han encontrado que la aplicación de fertilizantes puede

aumentar la formación de granos en cultivos.

En el análisis de la eficiencia de los fertilizantes: Los tratamientos con mayores concentraciones de té de estiércol de ovino (T3 y T4) muestran un aumento significativo en el número de granos por planta. Esto se alinea con la literatura que sugiere que los fertilizantes orgánicos, como el té de estiércol, pueden mejorar la producción de granos al proporcionar una fuente rica de nutrientes esenciales que favorecen la formación de flores y granos.

El análisis indica que los tratamientos con mayores concentraciones de té de estiércol de ovino son más efectivos para aumentar el número de granos por planta en comparación con los tratamientos con concentraciones menores o fertilizantes químicos. Estos resultados destacan la superioridad de los fertilizantes orgánicos en la producción de granos, lo que puede tener implicaciones prácticas importantes para optimizar el rendimiento en cultivos de fréjol y promover prácticas agrícolas más sostenibles, tabla 16.

Tabla 15.

Análisis de varianza la variable dependiente Número de granos por planta

FV	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Tratamientos	590	4	147,5	122,92	<0,0001	*
Bloques	5,73	2	2,87	2,39	0,1537	ns
Error Experimental	9,6	8	1,2			
Total	605,33	14				
CV =		5,57%				
Promedio		49 gramos				

Nota. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) FV = Fuentes de variación, SC = Suma de cuadrados, gl = grados de libertad, CM = Cuadrados medios F = prueba de F cociente de dos varianzas, p-valor con valor de alfa (α) de 0,05, p- valor, Sig. = valor de significancia (* significativo y ns no significativo), CV = coeficiente de variación (%), p = promedio de las medias. calculado con el software Infostat estadístico versión 2020 e.

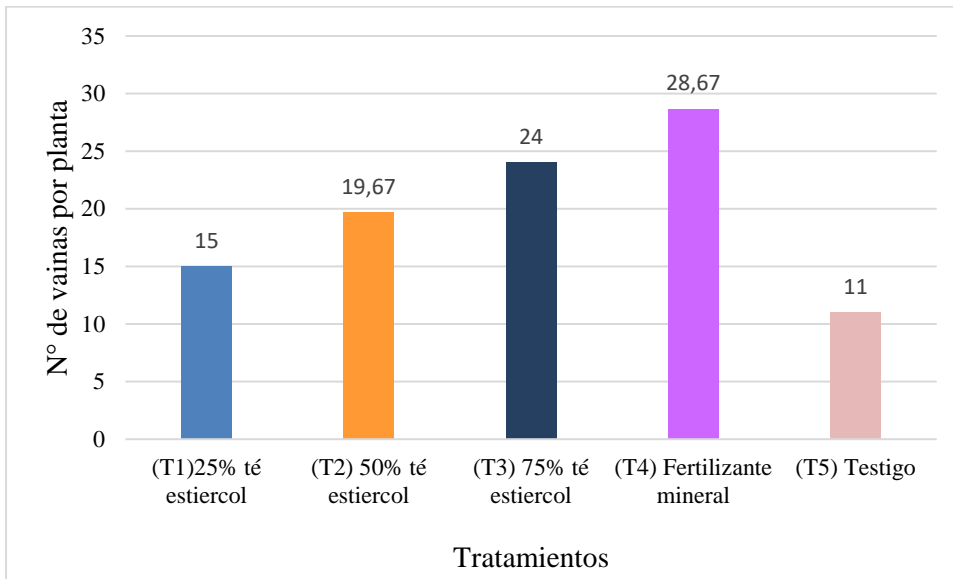
El test de Tukey representado en la figura 8, realizado para la variable "número de granos por planta", muestra diferencias significativas entre los tratamientos aplicados; se tiene para el tratamiento T4 (28,67 granos por planta). Este tratamiento muestra el mayor número

de granos por planta y se diferencia significativamente de todos los otros tratamientos, obteniendo la letra "A". Esto indica que T4 tiene un efecto muy positivo en la producción de granos en comparación con los tratamientos con concentraciones menores de té de estiércol o fertilizantes químicos. El resultado del Tratamiento T3 (24 granos por planta): Aunque también es alto en comparación con los tratamientos T1 y T5, T3 no difiere significativamente de T4, como se indica por la letra "B". Esto sugiere que T3 es efectivo, pero no tanto como T4.

Mientras el resultado del tratamiento T2 (19,67 granos por planta): Presenta un número de granos menor que T4 y T3, pero más alto que T1 y T5. Se clasifica con la letra "C", indicando que su eficacia es moderada en comparación con los tratamientos de mayor concentración de té de estiércol. El Tratamiento T1 (15 granos por planta) muestra una reducción notable en el número de granos comparado con T4 y T3, obteniendo la letra "D". Esto sugiere una menor eficacia en comparación con los tratamientos de mayor concentración de té de estiércol. Y el Tratamiento T5 (11 granos por planta): Tiene el menor número de granos por planta, sin diferencias significativas con T1, obteniendo la misma letra "D". Esto indica que T5 es el menos efectivo entre los tratamientos evaluados.

Figura 8.

Análisis de comparación de medias del número de vainas por planta



Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas en el número de granos por planta entre los diferentes tratamientos de té de estiércol de ovino y fertilizantes químicos. La aplicación de té de estiércol de ovino en concentraciones más altas (T4 y T3) resultó en un mayor número de granos por planta en comparación con las concentraciones menores y los fertilizantes químicos. Los tratamientos T4 y T3, que emplearon mayores concentraciones de té de estiércol, mostraron los mejores resultados en cuanto al número de granos por planta. Estos hallazgos están en consonancia con estudios previos que destacan los beneficios de los fertilizantes orgánicos en la producción de cultivos. Por ejemplo, Alvarado (2021) reportó que el uso de té de estiércol de ovina mejora significativamente la producción de granos en cultivos de fréjol al proporcionar nutrientes esenciales y promover un ambiente óptimo para el crecimiento de las plantas. Esto puede ser atribuido a la mayor disponibilidad de nutrientes que los fertilizantes orgánicos proporcionan, lo que favorece el desarrollo de las plantas y, por ende, la formación de granos.

En contraste, los tratamientos con fertilizantes químicos (T1 y T5) mostraron un número significativamente menor de granos por planta. Esto sugiere que, aunque los fertilizantes químicos pueden ofrecer nutrientes de manera rápida y en concentraciones altas, no siempre son tan efectivos como los fertilizantes orgánicos para mejorar el rendimiento en

términos de número de granos. Un estudio de Calle et al. (2021) encontró que, a pesar de la rápida disponibilidad de nutrientes de los fertilizantes químicos, estos no siempre conducen a un aumento en la producción de granos en legumbres, debido a un posible desbalance en la nutrición del suelo y a efectos negativos en la salud del suelo a largo plazo.

Estos resultados subrayan la importancia de considerar no solo la cantidad de fertilizante aplicado, sino también el tipo de fertilizante para lograr un rendimiento óptimo en el cultivo de fréjol. La preferencia por el té de estiércol de ovino sobre los fertilizantes químicos puede tener implicaciones significativas para prácticas agrícolas sostenibles. La evidencia sugiere Játiva et al. (2019) que el uso de fertilizantes orgánicos como el té de estiércol de ovino no solo mejora la producción de granos, sino que también promueve la salud del suelo y la sostenibilidad a largo plazo.

5.1.5. Número de granos por plantas

El análisis de varianza muestra que los tratamientos tienen un efecto altamente significativo en el número de granos por planta, con un valor de F de 448,57 y un p-valor menor a 0,0001. Esto indica que hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos aplicados (té de estiércol de ovino y fertilizantes químicos) en cuanto al número de granos producidos por planta. Según la tabla 16.

Los tratamientos con diferentes concentraciones de té de estiércol de ovino y fertilizantes químicos resultaron en diferencias marcadas en el número de granos por planta. Los resultados sugieren que los tratamientos que emplean mayores concentraciones de té de estiércol de ovino tienden a producir un mayor número de granos por planta en comparación con los tratamientos que usan fertilizantes químicos. Esto concuerda con la literatura existente que resalta las ventajas de los fertilizantes orgánicos en la producción de granos en cultivos de fréjol. El error experimental es bajo en comparación con la variabilidad explicada por los tratamientos, y el Coeficiente de Variación (CV) es de 2,51%, lo cual sugiere un adecuado manejo en la toma de datos de la investigación.

Tabla 16.*Análisis de varianza de número de granos por planta*

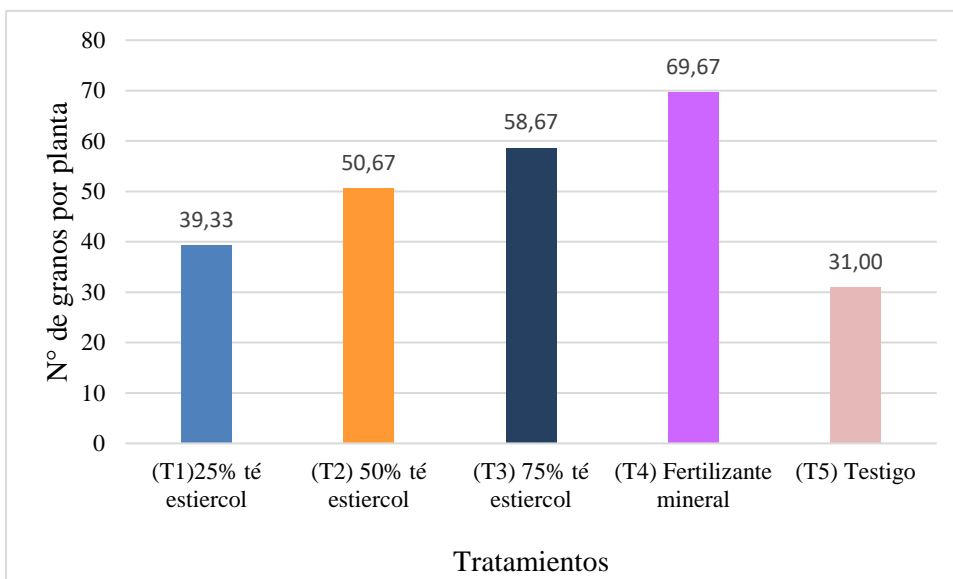
FV	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Tratamientos	2811,07	4	702,77	448,57	<0,0001	*
Bloques	12,13	2	6,07	3,87	0,0667	ns
Error Experimental	12,53	8	1,57			
Total	2835,73	14				
CV =		2,51%				
Promedio		50 número de granos				

Nota. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) FV = Fuentes de variación, SC = Suma de cuadrados, gl = grados de libertad, CM = Cuadrados medios F = prueba de F cociente de dos varianzas, p-valor con valor de alfa (α) de 0,05, p-valor, Sig. = valor de significancia (* significativo y ns no significativo), CV = coeficiente de variación (%), p = promedio de las medías. Calculado con el software Infostat estadístico versión 2020 e.

En la figura 9, el análisis se centra en el número de granos por planta bajo distintos tratamientos de fertilización, incluyendo diferentes concentraciones de té de estiércol de ovino y fertilizantes químicos. En la comparación entre tratamientos se analiza el tratamiento T4, que muestra el mayor número de granos por planta, seguido por el tratamiento T3 y T2. Esto indica que la aplicación de té de estiércol de ovino en la concentración correspondiente al tratamiento T4 es más efectiva en incrementar el número de granos por planta que otras concentraciones o fertilizantes químicos. El tratamiento T1 y T5, que incluyen concentraciones más bajas de té de estiércol y fertilizantes químicos, muestran una producción significativamente menor de granos por planta, con T5 produciendo el menor número de granos. La prueba de Tukey revela que las diferencias entre T4, T3 y T2 son significativas, pero los tratamientos dentro de los mismos grupos (A, B, C, D, E) no muestran diferencias significativas entre sí. Esto confirma que las concentraciones de té de estiércol tienen un impacto positivo en el rendimiento de granos por planta en comparación con las concentraciones menores y los fertilizantes químicos. La diferencia más marcada es entre T4 y T5, destacando la efectividad superior del tratamiento con mayor concentración de té de estiércol.

Figura 9.

Comparación de medias de la variable: número de granos por planta



El análisis del número de granos por planta revela diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. El tratamiento con fertilizante mineral (T4) mostró el mayor rendimiento, con un promedio de 69,67 granos por planta, destacándose como el tratamiento más efectivo para incrementar la producción de granos. Además los tratamientos con té de estiércol en concentraciones más altas (T3) mostraron un rendimiento superior, lo que sugiere que, al ser utilizado en conjunto con o como alternativa a los fertilizantes minerales, el té de estiércol puede ser una opción viable para mejorar la producción agrícola de manera sostenible.

Este hallazgo se asemeja, como el estudio realizado por Wong et al. (2023), quienes afirman que los fertilizantes minerales son altamente eficaces para el cultivo, proporcionando una fuente inmediata y equilibrada de nutrientes que favorece el crecimiento y la producción.

Por otro lado, los tratamientos con té de estiércol, en especial en concentraciones altas (T3, 75% té de estiércol), también demostraron una mejora significativa en la

producción de granos, con un promedio de 58,67 granos por planta. Este efecto puede ser atribuido a la capacidad del té de estiércol para liberar nutrientes esenciales de manera gradual y estimular la actividad biológica del suelo, lo cual favorece un desarrollo más sostenible del cultivo, como se menciona en el estudio de Shanmugavel et al. (2023).

En contraste, los tratamientos con menores concentraciones de té de estiércol (T1 y T2), así como el tratamiento testigo (T5), mostraron rendimientos inferiores, con un promedio de 39,33 y 31,00 granos por planta, respectivamente. Sin embargo, los resultados aún sugieren que el té de estiércol, incluso en concentraciones más bajas, tiene un efecto positivo en la producción de granos en comparación con el testigo, lo que resalta su potencial como una alternativa orgánica eficaz.

Estos resultados coinciden con los de Dubey et al. (2019), quienes concluyen que los fertilizantes orgánicos, como el té de estiércol, pueden mejorar la producción de granos en diversas especies de plantas debido a la liberación controlada de nutrientes y la mejora de las propiedades del suelo. Comparado con los fertilizantes químicos, que proporcionan nutrientes de manera más directa pero menos equilibrada, el té de estiércol ofrece una liberación más gradual y sostenible de nutrientes, lo que contribuye a un crecimiento más equilibrado y duradero.

5.1.6. Peso de 100 semillas de fréjol

El análisis de varianza de la variable dependiente "Peso de 100 granos de fréjol" determina que existe significancia en los tratamientos. El valor F calculado para los tratamientos es de 24,72 g y el p-valor asociado es de 0,0001, que es menor que el nivel de significancia comúnmente utilizado (0,05). Esto indica que hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias del peso de 100 granos de fréjol bajo los diferentes tratamientos. En otras palabras, los tratamientos tienen un efecto significativo en el peso de 100 granos de fréjol. El error experimental, que tiene un cuadrado medio de 22,97, que representa la variabilidad que no puede ser explicada por los tratamientos ni por los bloques. La baja variabilidad en comparación con el cuadrado medio de los tratamientos (567,77)

sugiere que el modelo es adecuado y que la mayoría de la variabilidad en el peso de los 100 granos de fréjol se debe a los tratamientos. El CV de 4,56 % indica que la variabilidad relativa en el peso de 100 granos de fréjol es relativamente baja, lo que sugiere que los datos son consistentes y las medidas de peso son bastante precisas.

Tabla 17.

Análisis de varianza la variable dependiente peso 100 semillas de fréjol

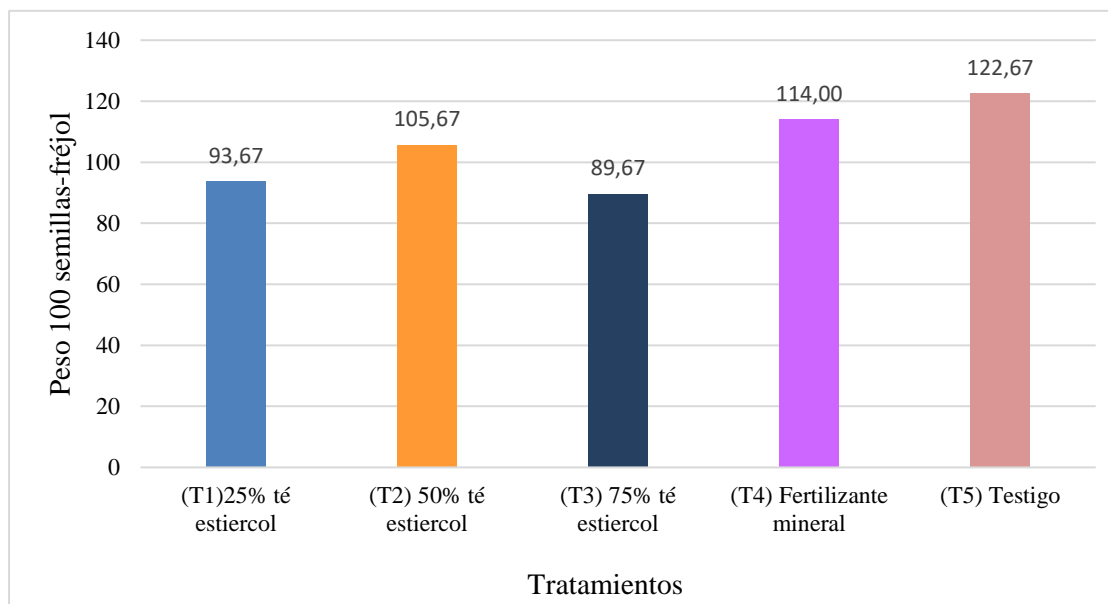
FV	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Tratamientos	2271,07	4	567,77	24,72	0,0001	**
Bloques	12,93	2	6,47	0,82	0,7618	ns
Error Experimental	183,73	8	22,97			
Total	24467,73	14				
CV		4,56%				
PROMEDICO		105,136 gramos				

Nota. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) FV = Fuentes de variación, SC = Suma de cuadrados, gl = grados de libertad, CM = Cuadrados medios F = prueba de F cociente de dos varianzas, p-valor con valor de alfa (α) de 0,05, p-valor, Sig. = valor de significancia (* significativo y ns no significativo), CV = coeficiente de variación (%), p = promedio de las medias. calculado con el software Infostat estadístico versión 2020 e.

En la figura 10 se puede analizar los valores de las medias con la prueba de Tukey que después de realizar el análisis de varianza se determina que los tratamientos son significativamente diferentes entre sí, se han establecido cinco grupos los cuales se representa con letras mayúsculas A, AB, BC, CD Y D se visualiza los resultados en figura 10 de barras con las medias de los tratamientos obteniéndose la comparación de medias para el tratamiento T4 122, 67 g, que se encuentra en el grupo A, lo que indica que no tiene diferencias significativas con otros tratamientos en el grupo A. el tratamiento 3 con 114,00 g Tiene la letra A y B, indicando que es significativamente diferente de T1 y T5, pero no de T4 y T2. El tratamiento T2 con 105,67 g. Tiene la letra B y C, indicando que es significativamente diferente de T1 y T5, pero no de T4 y T3. El tratamiento T1 con un valor de 93,67 g tiene la letra C y D, indicando que es significativamente diferente de T5, pero no de T2, T3 y T4. Y el tratamiento T5 con un valor de 89, 67 g. Está en el grupo D, lo que significa que es significativamente diferente de todos los otros tratamientos.

Figura 10.

Comparación de medias de la variable: peso 100 semillas de fréjol



El análisis de varianza (ADEVA) revela diferencias significativas en el peso de 100 semillas de fréjol entre los distintos tratamientos de enmiendas con té de estiércol, fertilizante químico (p -valor < 0.05). Estos resultados indican que los tratamientos, las enmiendas de mineral T4 y té de estiércol en altas dosis T3, afectan significativamente el peso de las semillas de fréjol, mientras que la variabilidad entre bloques no tiene un efecto significativo.

La aplicación de fertilizantes minerales ha demostrado ser altamente efectiva para promover el crecimiento y el rendimiento de las plantas en comparación con los fertilizantes orgánicos como el té de estiércol. Flores et al. (2020) destacan en un estudio sobre fertilización mineral en un cultivo de fréjol que esta incrementó el rendimiento y calidad nutricional de las plantas, con concentraciones de proteína, fósforo, hierro y zinc, no obstante, los fertilizantes orgánicos tuvieron resultados similares en altas dosis.

Al realizar las comparaciones de los tratamientos con té de estiércol (nivel bajo, medio

y alto): Los resultados muestran que el peso promedio de 100 granos aumenta con la concentración de té de estiércol. El tratamiento con la mayor concentración (6 litros en 30 litros de agua) produce el peso más alto de 100 semillas (122,67 g). Este resultado es consistente con estudios previos, afirmando Miranda et al. (2014) que una mayor disponibilidad de nutrientes, proporcionada por aplicaciones de estiércol, puede mejorar el desarrollo y el tamaño de los granos. Así para el tratamiento 1 (nivel bajo): El peso de 100 semillas es menor (93,67 g) comparado con los tratamientos de concentración media y alta, lo que puede ser resultado de una menor disponibilidad de nutrientes. El tratamiento 2 (nivel medio): El peso aumenta a 105,67 g, lo que indica una mejora en el desarrollo de las semillas con una dosis intermedia de nutrientes. Y el Tratamiento 3 (nivel alto): El peso es el más alto (114 g), lo cual es consistente con la teoría de que un aumento en la concentración de nutrientes puede llevar a un mayor desarrollo de las semillas.

De igual manera, Borjas et al. (2020) refieren que tratamiento con fertilización química: El tratamiento con fertilización química muestra el mayor peso de 100 semillas (122,67 g). Esto es consistente con la bibliografía, que indica que los fertilizantes químicos proporcionan nutrientes en formas más disponibles para las plantas, lo que puede maximizar el crecimiento y el peso de las semillas. Sin embargo, Condori (2006) sostiene que el uso excesivo de fertilizantes químicos debe ser gestionado cuidadosamente para evitar impactos negativos en el medio ambiente y en la salud del suelo. Para el tratamiento Control/Testigo: Las plantas que no recibieron fertilización tuvieron el peso de 100 semillas más bajo (89,67 g). Este hallazgo subraya la importancia de la fertilización para el desarrollo óptimo de las semillas, ya que la falta de nutrientes limita el crecimiento y el desarrollo.

Los resultados sugieren que el uso de una concentración adecuada de té de estiércol puede mejorar significativamente el peso de las semillas de fréjol, con el fin de tener resultados óptimos como el mineral T4, lo que puede ser una alternativa viable a los fertilizantes químicos en prácticas agrícolas sostenibles. Sin embargo, es importante ajustar las dosis de té de estiércol según las necesidades específicas del cultivo y las condiciones del suelo para maximizar los beneficios y minimizar los impactos ambientales.

5.2. Variable dependiente Rendimiento

El análisis de varianza (ADEVA) expuesto en la tabla 19 es utilizado para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de fréjol entre diferentes tratamientos. Se pueden observar los resultados obtenidos, que los tratamientos tienen un efecto significativo en el rendimiento de fréjol. Esto significa que al menos uno de los tratamientos difiere significativamente de los otros en cuanto al rendimiento de los fréjoles. La alta razón F calculada sugiere que la variabilidad explicada por los tratamientos es mucho mayor que la variabilidad no explicada (error), lo cual refuerza la importancia de los tratamientos en el rendimiento del fréjol. El error experimental representa la variabilidad no explicada por los tratamientos ni por los bloques. La baja variabilidad en comparación con la variabilidad explicada por los tratamientos (CM Tratamientos) sugiere que el modelo es adecuado y que la mayoría de la variabilidad en el rendimiento puede ser atribuida a los tratamientos. El CV es 4,04%. Es relativamente bajo; indica que hay una buena precisión en las mediciones del rendimiento y que los datos son consistentes. Un CV bajo significa que las diferencias observadas en el rendimiento son probablemente atribuibles a los tratamientos y no a la variabilidad de las mediciones. El promedio de rendimiento es 1311,4kg /ha.

Tabla 18.

Análisis de varianza la variable dependiente rendimiento de fréjol

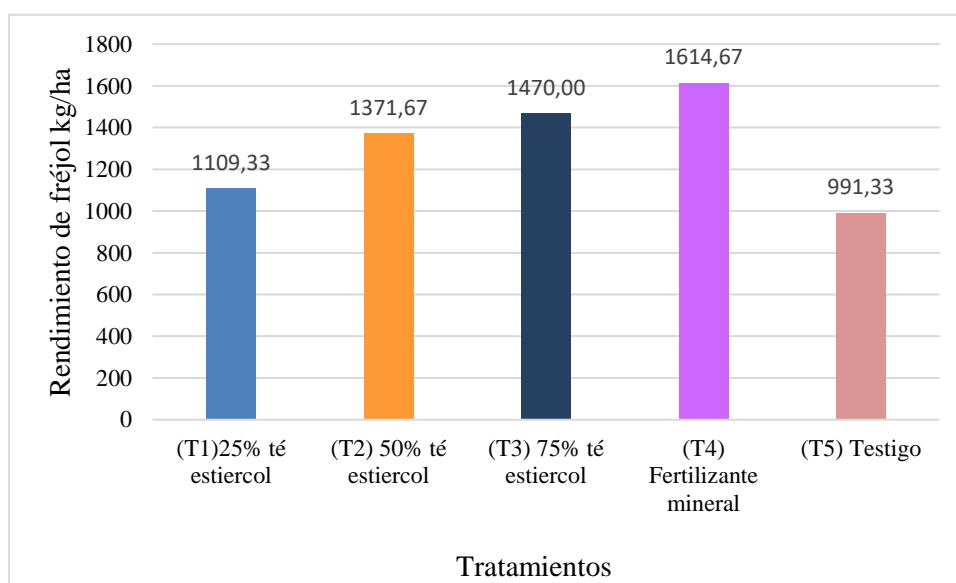
FV	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Tratamientos	792090,93	4	198022,73	70,47	<0,0001	**
Bloques	6451,2	2	3225,6	1,15	0,3645	ns
Error Experimental	22479,47	8	2809,93			
Total	821021,6	14				
CV =		4,04%				
Promedio		1311,4 gramos				

Nota. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) FV = Fuentes de variación, SC = Suma de cuadrados, gl = grados de libertad, CM = Cuadrados medios F = prueba de F cociente de dos varianzas, p-valor con valor de alfa (α) de 0,05, p-valor, Sig. = valor de significancia (* significativo y ns no significativo), CV = coeficiente de variación (%), p = promedio de las medias. calculado con el software Infostat estadístico versión 2020 e.

En la figura 11 se realiza el análisis de las medias de los tratamientos, que se encuentran representados con barras e identificados con letras mayúsculas para asignar a los grupos de tratamientos. Así se obtuvo que el tratamiento T4, por el valor de 1614,67 kg/ha, se encuentra en el grupo A, indicando que tiene una media significativamente mayor que los tratamientos con letras diferentes. No hay diferencias significativas entre T4 y T3; para el tratamiento T3 se obtuvo un valor de 1470,00 kg/ha. Tiene las letras A y B, indicando que es significativamente diferente de T2, T1 y T5. No hay diferencias significativas entre T3 y T4, pero sí entre T3 y los tratamientos con letras C y D. Al observar el tratamiento T2, es por un valor de 1371,67 kg/ha; está en el grupo B, indicando que es significativamente diferente de T1 y T5. No hay diferencias significativas entre T2 y los tratamientos con letra A. El tratamiento T1 tiene un valor de 1109,33 kg/ha, tiene las letras C y D, indicando que es significativamente diferente de T5. No hay diferencias significativas entre T1 y T5, pero sí entre T1 y los tratamientos con letras A y B, y el tratamiento T5 por un valor de 991,33 kg/ha. Está en los grupos C y D, indicando que tiene la media más baja y es significativamente diferente de los tratamientos con letras A y B. Sin diferencias significativas entre T5 y T1.

Figura 11.

Comparación de medias de la variable: rendimiento de fréjol kg/ha



Los resultados del análisis de varianza (ADEVA) y el test de Tukey revelan diferencias significativas en el rendimiento de fréjol entre los tratamientos aplicados. En específico, los tratamientos T4 mineral y T3 con té de estiércol con altas dosificaciones mostraron los mayores rendimientos, no obstante, el que sobresale es el mineral T4, mientras que el T1 y T5 resultaron en rendimientos significativamente menores. Estos hallazgos indican que el tipo de tratamiento tiene un efecto considerable en la producción de fréjol.

El té de estiércol de ovino aplicado en concentraciones elevadas (tratamientos T3) resultó en los mayores rendimientos de fréjol en este estudio. Esto es consistente con investigaciones realizadas que sugieren que los fertilizantes orgánicos, como el té de estiércol de ovino, pueden mejorar la productividad de los cultivos debido a su capacidad para liberar nutrientes de manera gradual y mejorar la estructura del suelo. Según Suquilanda (1996), el uso de estiércol de ovino en forma líquida proporciona nutrientes esenciales y promueve una mejor salud del suelo, lo que se traduce en un mayor rendimiento de los cultivos.

Un estudio por Caldas (2023) respalda estos resultados, indicando que el uso de té de estiércol en lugar de fertilizantes químicos puede aumentar la biodisponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana del suelo, lo que a su vez mejora el crecimiento y el rendimiento de los cultivos. Este efecto se debe a la liberación lenta y constante de nutrientes que evita la sobrecarga del suelo y minimiza la pérdida de nutrientes, lo que es especialmente beneficioso en condiciones de cultivo sostenibles.

En comparación con los tratamientos de té de estiércol, los tratamientos con fertilizantes químicos (específicamente en dosis más bajas) resultaron en rendimientos menores. Este hallazgo concuerda con investigaciones que han señalado que el uso de fertilizantes químicos puede llevar a un aumento rápido en el rendimiento, pero a menudo con efectos negativos a largo plazo en la salud del suelo y la sostenibilidad (Smith et al., 2018). Además, Arias (2019) refiere que el uso excesivo de fertilizantes químicos puede resultar en la acumulación de sales y la degradación del suelo, lo que a menudo reduce el rendimiento a largo plazo.

Un estudio comparativo de Cruz (2021) mostró que, aunque los fertilizantes químicos pueden proporcionar un aumento inicial en el rendimiento de los cultivos, los fertilizantes orgánicos, como el té de estiércol, ofrecen beneficios adicionales en términos de sostenibilidad y mejora de la salud del suelo. Esto se alinea con los resultados de nuestro estudio, donde los tratamientos con fertilizantes químicos resultaron en rendimientos significativamente menores en comparación con los tratamientos con té de estiércol.

El bajo error experimental y el coeficiente de variación en nuestro estudio sugieren que el uso de té de estiércol ofrece una alternativa fiable y consistente en comparación con los fertilizantes químicos. La literatura indica que Villagaray-Lizana et al. (2021) los fertilizantes orgánicos, como el té de estiércol, no solo mejoran el rendimiento de los cultivos, sino que también promueven prácticas agrícolas más sostenibles al mejorar la estructura del suelo y reducir la dependencia de productos químicos sintéticos.

CONCLUSIONES

- El tratamiento en base al fertilizante mineral destacó por su eficiencia en el cultivo de fréjol, mostrando un impacto positivo significativo en el crecimiento y rendimiento de las plantas. Sin embargo, las concentraciones altas de té de estiércol de ovino T3 también demostraron ser efectivas, especialmente en la formación temprana de semillas, lo que indica que ambos tipos de fertilización son efectivos según los objetivos del cultivo.
- Las plantas tratadas con fertilizante mineral alcanzaron una mayor altura durante la etapa de floración en comparación con otros tratamientos, lo que sugiere que el fertilizante mineral favorece el crecimiento vertical mediante un suministro adecuado de nutrientes esenciales. No obstante, las diferencias en altura no fueron siempre significativas frente a los tratamientos con té de estiércol en aplicación del 75%, que también promovieron un desarrollo vegetativo saludable.
- En cuanto a la producción total, el uso de fertilizante mineral y la aplicación del té de estiércol de ovino en dosis altas al 75%, mostraron un rendimiento mayor en comparación con los otros tratamientos con té de estiércol de ovino, indicando que el fertilizante mineral y el fertilizante orgánico pueden maximizar el rendimiento del cultivo. De igual manera, el té de estiércol en concentraciones más altas contribuyó a una nutrición equilibrada que favoreció ciertos aspectos productivos, como la formación temprana de granos.
- No se observaron diferencias significativas en el número de días hasta la floración entre los tratamientos, lo que sugiere que este factor está más influenciado por características genéticas y ambientales que por el tipo de fertilización aplicada.
- El fertilizante mineral y la aplicación del té de estiércol de ovino en dosis altas, fueron superiores en términos generales para optimizar crecimiento y rendimiento, el té de estiércol de ovino representa una alternativa viable y sostenible que puede complementar o sustituir al fertilizante químico según las condiciones y objetivos del sistema agrícola. La elección entre ambos debe considerar aspectos agronómicos, económicos y ambientales para un manejo eficiente del cultivo de fréjol.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar de forma combinada el fertilizante mineral, como la aplicación del té de estiércol de ovino en dosis altas (T3), como una estrategia eficaz para mejorar la salud del suelo y aliviar el daño causado por fertilizantes químicos. El uso de este abono líquido ha demostrado mejorar significativamente la altura de las plantas, el número de granos y el rendimiento general del cultivo, gracias a su aporte equilibrado de nutrientes y microorganismos beneficiosos que estimulan la actividad biológica del suelo.
- Es importante continuar con el monitoreo del tiempo de floración bajo diferentes tratamientos de fertilización para evaluar su impacto en otras etapas del desarrollo del cultivo. Aunque los resultados actuales no mostraron diferencias significativas en el tiempo hasta la floración, factores genéticos y ambientales pueden influir en esta variable, por lo que su seguimiento permitirá optimizar las prácticas agronómicas.
- Se sugiere implementar prácticas de aplicación que maximicen los beneficios del té de estiércol de ovino, tales como aplicar el abono en períodos clave del desarrollo de las plantas y ajustar las dosis según las características específicas del suelo y las necesidades nutricionales del cultivo. La aplicación foliar o al suelo en momentos estratégicos puede potenciar la absorción de nutrientes y mejorar el vigor vegetal.
- Se recomienda realizar estudios adicionales para investigar la interacción entre el té de estiércol de ovino y otros factores agronómicos, incluyendo el tipo de suelo, condiciones climáticas y variedades de fréjol. Esta información permitirá adaptar las recomendaciones de fertilización a contextos específicos, optimizando el rendimiento y la sostenibilidad del cultivo.

REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA

- Aguiñaga, A., Medina, K., Garruña, R., Latournerie, L., & Ruíz, E. (2020). Efecto de abonos orgánicos sobre el rendimiento, valor nutritivo y capacidad antioxidante de tomate verde (*Physalis ixocarpa*). *Acta Universitaria*, 30, 1–14. <https://doi.org/10.15174/au.2020.2475>
- Ahmed, A., & Shehata, A. (2023). Improving Growth, Yield and Oil Productivity of Rosemary Plants Grown in Sandy Calcareous Soil by Using some Manures Organic Tea and Salicylic Acid. *Journal of Plant Production*, 0(0), 479–487. <https://doi.org/10.21608/jpp.2023.234844.1269>
- Ahmed, N., Zhang, B., Chachar, Z., Li, J., Xiao, G., Wang, Q., Hayat, F., Deng, L., Narejo, M.-N., Bozdar, B., & Tu, P. (2024). Micronutrients and their effects on Horticultural crop quality, productivity and sustainability. *Scientia Horticulturae*, 323, 112512. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112512>
- Allouzi, M. M. A., Allouzi, S. M. A., Keng, Z. X., Supramaniam, C. V., Singh, A., & Chong, S. (2022). Liquid biofertilizers as a sustainable solution for agriculture. *Heliyon*, 8(12), e12609. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12609>
- Alvarado, D., Valdez, L. A., Cepeda-, J. M., Rubí, M., & Pineda, J. (2021). Aplicación fraccionada de fertilizantes vía fertirriego y la eficiencia del nitrógeno, fósforo y potasio en calabacita. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7(1). <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071001>
- Alvarado, S. (2021). *Biol empleando dos tipos de sustratos, estiércol de bovino y gallinaza* [Universidad Agraria del Ecuador.]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ALVARADO%20FRANCO%20SILVIA%20PATRICI A.pdf>
- Araya, A., Prasad, P. V. V., Gowda, P. H., Sharda, V., Rice, C. W., & Ciampitti, I. A. (2021). Evaluating optimal irrigation strategies for maize in Western Kansas. *Agricultural Water*

Management, 246, 106677. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106677>

Arellano, S., Osuna, E. S., Martínez, M. A., & Reyes, L. (2019). GRAIN YIELD OF DRY BEAN FERTILIZED WITH CATTLE MANURE UNDER RAINFALL CONDITIONS. In *Artículo Científico Rev. Fitotec. Mex* (Vol. 38, Issue 3).

Arévalo Camacho, J., & Benavides López, M. A. (2015). *Evaluación de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris) variedad bayito en el sector Guachal, parroquia Rosa Zarate, cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Institucional UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/12795>

Arias, F. (2019). *Evaluación de niveles de fertirrigación y dinámica de absorción de nutrientes en el cultivo de coliflor (Brassica oleracea L.) en invernadero en la Estación Experimental de Patacamaya*. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/15525>

Banco Central. (2023, March 31). *LA ECONOMÍA ECUATORIANA REPORTÓ UN CRECIMIENTO INTERANUAL*. Boletín de Prensa. <https://www.bce.fin.ec/boletines-de-prensa-archivo/la-economia-ecuatoriana-reporto-un-crecimiento-interanual-de-4-3-en-el-cuarto-trimestre-de-2022>

Banco Central del Ecuador. (2023, December 31). *Inversión extranjera directa*. Reportada En La Balanza de Pagos - Boletín No 86. <https://www.bce.fin.ec/index.php/component/k2/item/298-inversi%C3%B3n-extranjera-directa>

Banerjee, R., Das, P., Srivastava, V., Kataria, S., Ahmed, B., & Varshney, N. (2023). An Overview of Statistical Techniques for Analysis of Data in Agricultural Research. In *Emerging Issues in Agricultural Sciences Vol. 8* (pp. 190–206). B P International. <https://doi.org/10.9734/bpi/eias/v8/6853C>

Borjas, R., Julca, A., & Alvarado, L. (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 150–164.

<https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200150>

Brusamarello, A. P., Oliveira, P. H., Sevim, D. E., & Baretta, D. R. (2017). Performance of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes in the second-season under high and low technology management in Parana, Brazil. *Acta Agronómica*, 66(3), 436–441. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.55555>

Caldas, V. (2023). *EFEECTO DE DIFERENTES TIPOS DE TÉ DE ESTIÉRCOL EN EL RENDIMIENTO EN VAINA VERDE DE ARVEJA (Pisum sativum L.) VARIEDAD INIA 103 REMATE, EN CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE SAN CRISTÓBAL, HUACRACHUCO, MARAÑÓN 2020* [UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN].

https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/10074/T023_47665299_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Calle, R., Chile, M., Torres, P., & Romero, M. (2021). Efecto del riego por goteo de bajo volumen en el rendimiento del cultivo de fréjol variedad “Rojo del Valle” en los andes ecuatorianos. *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*, 18(6), 253–270. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8104287>

Carro, J., Sarmiento, S., & Rosano, G. (2017). Organizational culture and its influence in business sustainability. The importance of culture in corporate sustainability. *Estudios Gerenciales*, 33(145), 352–365. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2017.11.006>

Celmeli, T., Sari, H., Canci, H., Sari, D., Adak, A., Eker, T., & Toker, C. (2018). The Nutritional Content of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces in Comparison to Modern Varieties. *Agronomy*, 8(9), 166. <https://doi.org/10.3390/agronomy8090166>

Centro Nacional de Investigaciones de Desarrollo Agrícola. (2020). El cultivo de fréjol . *SAG*, 1–37. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REf01e74.pdf>

Chavarria, J. E., Ugando, M., Sabando, A. R., Muñoz, J. P., Bravo, R. X., & Villalón, A. (2020).

Water requirements of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). calculated with the cultivation coefficient using drainage lysimeter. *Ciencia y Agricultura*, 17(3). <https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n3.2020.11746>

Condori, F. (2006). *Apuntes de fertilidad de suelos y nutrición vegetal* [Tesis, Universidad Mayor San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4600/T-1267.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cruz, C. (2021). *Efecto del estiércol de ovino y abono verde en suelos agrícolas para el cultivo de papa yungay (Solanum tuberosum) en el distrito de Soras - Ayacucho, Perú* [Universidad Peruana Unión]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/items/2c5ba884-6c3a-4724-942b-f52782890dfa>

Djezzar, M., Kaci, Z., Yahiaoui, I., & Leauthaud, C. (2025). Oxygen and hydrobiological profiles of homemade manure-based tea in North Africa. *Scientific Reports*, 15(1), 5130. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-88254-3>

Domínguez, R., León, M., Samaniego, J., Sunkel, O., & Sánchez, J. (2019). *Desarrollo Sostenible Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad 70 años de pensamiento de la CEPAL*. www.cepal.org/apps

Dubey, R. K., Dubey, P. K., & Abhilash, P. C. (2019). Sustainable soil amendments for improving the soil quality, yield and nutrient content of Brassica juncea (L.) grown in different agroecological zones of eastern Uttar Pradesh, India. *Soil and Tillage Research*, 195, 104418. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104418>

Eras Guamán, V. H., Moreno Serrano, J. A., Yaguana Arévalo, M., Poma Angamarca, R. A., & Cueva Coronel, C. M. (2021). Inducción in vitro de raíces de *Cinchona officinalis* L., a partir de vitroplantas. *Bosques Latitud Cero*, 11(2), 43–52. <https://doi.org/10.54753/blc.v11i2.1006>

Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica. (2022). *Organic Agriculture*. <https://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq6/es/>

- Flores, M., Rico, I., Sánchez, E., Soto, J., Antillón, R., Salas, N., & Ojeda, D. (2020). Fertilization management in 'Pinto Centauro' beans and its impact on yield, nutritional quality and profitability index. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 26(3), 207–222. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2020.03.005>
- Gallego, C., Hernández, M., & Moreno, A. (2024). Agroecología y sistemas agroalimentarios localizados. Propuesta de articulación con base en la calidad territorial. *Entreciencias: Diálogos En La Sociedad Del Conocimiento*, 12(26), 1–21. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2024.26.86759>
- García, M., Tamayo, J. P., & Mendoza, Z. A. (2021). BOSQUES LATITUD CERO. In *Bosques Latitud Cero* (Vol. 11, Issue 1).
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD de San Miguel de Ibarra*. <https://www.ibarra.gob.ec/site/docs/lotaip2021/anexos/s/PDOT%202020-2040%20CANTON%20SAN%20MIGUEL%20DE%20IBARRA.pdf>
- Gómez, E. (2022). Métodos mixtos aplicados a los estudios del desarrollo rural regional. *Revista Latinoamericana de Metodología de Las Ciencias Sociales (ReLMeCS)*, 12(1), e103. <https://doi.org/10.24215/18537863e103>
- González, A. F., Méndez, A. J., & Quesada, V. R. (2022). Respuesta del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) A la aplicación de abonos orgánicos en el Municipio Pamplona, Norte de Santander. *La Granja*, 37(1). <https://doi.org/10.17163/lgr.n37.2023.07>
- Guamán, R. N., Desiderio, T. X., Villavicencio, Á. F., Ulloa, S. M., & Romero, E. J. (2020). Adaptabilidad de cuatro variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la parroquia Luz de América - Ecuador. *Siembra*, 7(1), 001–011. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1908>
- INEC. (2021). *Encuesta Nacional Multipropósito de Hogares, 2020 (Seguimiento al Plan Nacional de Desarrollo)*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

inec/Multiproposito/2020/202012_Resultados_Multiproposito.pdf

Infante, S. (2007). RONALD AYLMER FISHER AND AGRONOMY. *Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo*, 30(3), 1–10. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61003001.pdf>

Intagri, I. (2019). *Diseño agronómico del sistema de riego por goteo*. 1–7. <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/disenio-agronomico-del-sistema-de-riego-por-goteo>

Játiva, M. F., Rentería, J. G., Poma, M. P., & Sivisaca, J. R. (2019). “Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*).” *Polo Del Conocimiento*, 4(4), 318. <https://doi.org/10.23857/pc.v4i4.984>

Jia, X., Wang, Y., Zhang, Q., Lin, S., Zhang, Y., Du, M., Chen, M., Ye, J., Wu, Z., & Wang, H. (2023). Reasonable deep application of sheep manure fertilizer to alleviate soil acidification to improve tea yield and quality. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1179960>

Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2019). LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA. *Idesia (Arica)*, 24(1). <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>

Liu, B., Zhang, Y., Yi, X., Zheng, H., Ni, K., Ma, Q., Cai, Y., Ma, L., Shi, Y., Yang, X., & Ruan, J. (2025). Partially replacing chemical fertilizer with manure improves soil quality and ecosystem multifunctionality in a tea plantation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 378, 109284. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109284>

Liu, S., Zheng, C., Xiang, W., Yi, Z., & Xiao, L. (2022). A Sampling Strategy to Develop a Primary Core Collection of *Miscanthus* spp. in China Based on Phenotypic Traits. *Agronomy*, 12(3), 678. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030678>

Luzuriaga, H. A., Espinosa, C. A., Haro, A. F., & Ortiz, H. D. (2023). Histograma y distribución

normal: Shapiro-Wilk y Kolmogorov Smirnov aplicado en SPSS. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(4). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i4.1242>

Mahmoud, M. (2018). Manure tea and amino acids as potential economic and safe substitutes for mineral and organic fertilization and the effect on growth, yield and chemical composition of faba bean plants. *Journal of Plant Production*, 9(6), 529–540. https://journals.ekb.eg/article_56054_281d1cd50c7bcb6fd7b4bc2b5b26da43.pdf

Maintang, Sudding, F., Asri, M., & Rauf, A. W. (2021). Application of liquid organic and inorganic fertilizer on growth and production of hybrid maize. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 648(1), 012140. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012140>

Maqueira, C., Herrera, R., Mesa, P., & de la Noval, T. (2017). Cultivos Tropicales. *Cultivos Tropicales*, 38, 58–63. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193253129008>

Messina, V. (2020). Nutritional and health benefits of dried beans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100, 437–442. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.071472>

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2022, December 30). *Sistema de información pública Agropecuaria*. Sipa Agricultura. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/sipa-estadisticas/estadisticas-economicas>

Miranda, R., Lascano, M., Caballero, A., & Bosque, H. (2014). Influencia de la dosis de estiércol ovino y bioinsumo en la Mineralización del Nitrógeno. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 1, 1–10. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182014000100012

Montenegro, S., Nieto, L., & Giraldo, R. (2022). Efecto de prácticas agroecológicas en la conservación del suelo de la Zona de Reserva Campesina de San Isidro, Pradera, Valle del Cauca. *Entramado*, 18(2). <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.8002>

Montes, C., Guzmán, R. F., Beltrán, J. A., & Anaya, M. del S. (2020). Efecto del abono orgánico

líquido mineralizado en la producción y composición de forrajes para pastoreo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(2), 13–27. <https://doi.org/10.22490/21456453.3065>

Navarro, M., Delgado, H., & Salazar, A. (2017). *MANUAL PRÁCTICO DE PROPAGACIÓN IN VITRO DE SANCHA INCHI (Plukenetia volubilis L.), UTILIZANDO BIORREACTORES DE INMERSIÓN TEMPORAL*.

[https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1152/1/MANUAL%20PR%C3%81CTICO%20DE%20PROPAGACI%C3%93N%20IN%20VITRO%20DE%20SANCHA%20INCHI%20\(Plukenetia%20volubilis%20L.\)%2C%20UTILIZANDO%20BIORREACTORES%20DE%20INMERSI%C3%93N%20TEMPORAL.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1152/1/MANUAL%20PR%C3%81CTICO%20DE%20PROPAGACI%C3%93N%20IN%20VITRO%20DE%20SANCHA%20INCHI%20(Plukenetia%20volubilis%20L.)%2C%20UTILIZANDO%20BIORREACTORES%20DE%20INMERSI%C3%93N%20TEMPORAL.pdf)

Nénger Pozo, M. F. (2015). *Efectos de la aplicación de tres concentraciones de té de frutas en el cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) sembrado con dos distanciamientos de siembra en el cantón Bolívar, provincia del Carchi* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio UTB. <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/736>

Partelli, F., Mozena, W., Cavalcanti, A., & Duarte, E. (2019). Diagnóstico integrado y rangos de nutrientes en el suelo para el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la región de Cerrado. *INCA*, 40(4), 1–10. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193263189003/html/>

Peña, K., Rodríguez, J. C., Santana, M., Olivera, D., Valle, C. D., & Dorta, R. (2017). Effects of a growth promoter on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crops in Sancti Spíritus province, Cuba. *Acta Agronómica*, 66(3), 360–366. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.53820>

Peralta, E., Murillo, A., & Mazón, M. (2020). *Catálogo de variedades mejoradas de fréjol*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2712/1/iniapscpm146.pdf>

Raghuwanshi, N. S., & Wallender, W. W. (2023). Optimization of furrow irrigation schedules, designs and net return to water. *Agricultural Water Management*, 35(3), 209–226. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(97\)00037-1](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(97)00037-1)

Ramírez, E. (2022). La elaboración de abonos orgánicos y aprendizaje significativo para la

transformación educativa en un contexto de transición agroecológica. *Cuadernos Inter.c.a.Mbio Sobre Centroamérica y El Caribe*, 19(2), e50595. <https://doi.org/10.15517/c.a..v19i2.50595>

Ramírez, R., Preciado, P., Carrillo, M., García, A., González, G., & Espinosa, B. (2023). Compost Tea as Organic Fertilizer and Plant Disease Control: Bibliometric Analysis. *Agronomy*, 13(9), 2340. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092340>

Rodríguez, P. (2022). *Impacto del estiércol ovino sobre el crecimiento y productividad del frijol (Phaseolus Vulgaris, l.) y desarrollo de la Caesalpinea violacea en sistemas agroforestales*. 16–22. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181374718002/181374718002.pdf>

Rodríguez, P., Álvarez, M., & Batista, I. (2020). Impacto del estiércol ovino y del lixiviado de humus de lombriz en indicadores del crecimiento y productividad en el cultivo del pimiento (*Capsicum annum* l. *Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba*, 1, 46–59. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181363107009/html/>

Rodríguez, P., Perera, A., & Socarrás, A. (2022). Impacto del estiércol ovino sobre el crecimiento y productividad del frijol (*Phaseolus Vulgaris, l.*) y desarrollo de la *Caesalpinea Violacea* en sistemas agroforestales. *Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba*, 16–26.

Rojas, B., Hernández, M., Rodríguez, N., & Linares, A. (2023). Concentración de nutrientes de dos formulaciones de fertilizantes fermentados (bioles) elaborados con insumos locales. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 41. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1658>

Romero, M., Tapia, C., Giménez de Azcárate, J., & Montalvo, D. (2024). Diversity of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.) Landraces in Rural Communities in the Andes Highlands of Cotacachi—Ecuador. *Agronomy*, 14(8), 1666. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081666>

Romero, M., Tapia, C., Giménez, J., & Montalvo, D. (2024). Diversity of Common Bean

(Phaseolus vulgaris L.) and Runner Bean (Phaseolus coccineus L.) Landraces in Rural Communities in the Andes Highlands of Cotacachi—Ecuador. *Agronomy*, 14(8), 1666. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081666>

Shanmugavel, D., Rusyn, I., Solorza-Feria, O., & Kamaraj, S.-K. (2023). Sustainable SMART fertilizers in agriculture systems: A review on fundamentals to in-field applications. *Science of The Total Environment*, 904, 166729. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166729>

Suquilanda, V. (1996). *Elaboración de abonos Orgánicos para la producción de hortalizas.: Vol. I* (Fundagro).

Tobar, V. (2019). *DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE UN FERTILIZANTE ORGÁNICO LÍQUIDO PARA EL CULTIVO DE TOMATE SOLANUM LYCOPERSICUM COMO ALTERNATIVA ECOLÓGICA DE FERTILIZACION, EN EL MUNICIPIO DE CHACHAGUI, DEPARTAMENTO DE NARIÑO*. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/12776/5206289.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vásquez, S. C., Villavicencio Sanchez, E. I., Guamán Guamán, A., Molina-Müller, M., & Mestanza Uquillas, C. A. (2024). Efecto de la densidad de plantas sobre los componentes del rendimiento de fréjol cultivado en condiciones de campo en un valle interandino de Ecuador. *La Granja*, 39(1), 160–170. <https://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.10>

Villagaray-Lizana, Y. M., Jorge-Ruiz, J. J., Avila-Galvez, J. J., Condori-Hinostroza, S. D., & Yzarra-Aguilar, A. (2021). Estiércol Ovino en el Rendimiento de Solanum tuberosum. *Scientific Research Journal CIDI*, 1(2), 196–202. <https://doi.org/10.53942/srjcid.v1i2.60>

Villena, M. (2022). *Fertilización sostenible y Gestión Integral de Nutrientes*. 1–260. <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/72003/EstudioFertilizacionSustentable.pdf>

Wong, M., Gil, R., Arcia, J., & Rodríguez, C. (2023). Resultados de la evaluación agronómica de

formulaciones con valor fertilizante en el cultivo de lechuga. *Revista Ingeniería Agrícola*, 13(3).

Ye, J., Wang, Y., Kang, J., Chen, Y., Hong, L., Li, M., Jia, Y., Wang, Y., Jia, X., Wu, Z., & Wang, H. (2022). Effects of Long-Term Use of Organic Fertilizer with Different Dosages on Soil Improvement, Nitrogen Transformation, Tea Yield and Quality in Acidified Tea Plantations. *Plants*, 12(1), 122. <https://doi.org/10.3390/plants12010122>

Yu, Z., Yao, X., Yang, M., Hu, S., An, X., & Li, C. (2024). Co-application of sheep manure and commercial organic fertilizer enhances plant productivity and soil quality in alpine mining areas. *Frontiers in Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1488121>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo

LABONORT					
LABORATORIOS NORTE Av. Cristóbal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador tel. 0995991050					
REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS					
DATOS DE PROPIETARIO Nombre: DANNY CÓRDOVA Ciudad: Ibarra Teléfono: 0989970142 Fax:		DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Ibarra Parroquia: San Antonio Sitio: San Agustín			
DATOS DEL LOTE Sitio: San Agustín Superficie: Número de Campo: Lote #1 Cultivo Actual: A Cultivar: Fréjol de mata		DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 11673 Tipo de Análisis: Completo + T Muestra: Suelo lote1 Fecha de Ingreso: 2023-10-30 Fecha de Reporte: 2023-11-01			
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION		
N	45.0	ppm			
P	9.06	ppm			
S	65.0	ppm			
K	0.49	meq/100 ml			
Ca	5.54	meq/100 ml			
Mg	1.44	meq/100 ml			
RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN					
NOMBRE: Danny Córdoba		CULTIVO: Fréjol		FECHA: 2023 11 01	
MUESTRA	Kg/Ha/año			FERTILIZANTE (Fuente)	CANTIDAD Sacos 50 Kg/ha
11673 Lote #1	N	P2O5	K2O	18 - 46 - 0 (DAP) Urea Muriato de potasio(0-060)	3 1 1
Manejo agronómico del fertilizante.					
1. Establecimiento					
Aplicar a la siembra, todo el fósforo (18-46-0). El nitrógeno adicional (urea) mas el muriato de potasio aplicar después de 40 a 45 días de la siembra en banda lateral a 10cm de las plantas (aporque)					
Igualmente una o dos aplicaciones foliare de microelementos completos o en forma de quelatos especialmente boro, zinc y manganeso.					
Para corregir la deficiencia de boro se recomienda aplicar 1 o 2 kilos de bórax por hectárea, disuelto en agua y con bomba mochila AL SUELO (surco), antes o al momento de la siembra					
El contenido de materia orgánica MO(1,83%) es bajo, debe aplicar abono orgánico DESCOMPUESTO antes del cultivo(0,5kg/m2)					
Si usa fertirrigación puede cambiar la fuente(fertilizantes) y acopiar con el programa de riego.					
* Las recomendaciones son en sacos por hectárea, deberá calcularse el área del cultivo y regular la cantidad de fertilizante químico recomendado					
La recomendación se realiza en base al análisis químico del suelo, sin considerar el aspecto climático de la zona por lo tanto esta constituye una guía de fertilización que debe ser ajustada por el técnico responsable, considerando condiciones de clima y agua.					



Anexo 2. Análisis de te estiércol de ovino

LABONORT
LABORATORIOS NORTE
Av. Cricotbal de Tovar 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador tel. 0999591050

REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre: DANNY CORDOVA		Provincia: Imbabura	
Ciudad: Ibarra		Cantón: Ibarra	
Teléfono: 0999591050		Parroquia: San Agustín	
Fax:		Sitio: San Agustín	
DATOS DEL LOTE		DATOS DE LABORATORIO	
Sitio: San Agustín		Nro. Reporte: 11737	
Superficie:		Tipo de Análisis: Completo	
Número de Campo: BIOL M1		Muestra: Orgánica, Biol	
Cultivo Actual:		Fecha de Ingreso: 2023-12-04	
A Cultivar:		Fecha de Reporte: 2023-12-07	

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	52.50	ppm	ALTO
P	87.41	ppm	ALTO
K	60.50	ppm	ALTO
Ca	12.50	mg/100 ml	ALTO
Mg	15.65	mg/100 ml	ALTO
Zn	3.52	ppm	ALTO
Cu	1.06	ppm	ALTO
Fe	52.25	ppm	ALTO
Mn	5.38	ppm	ALTO
B	0.85	ppm	ALTO
pH	6.96		NEUTRO
Acidez Int. (A1+H)		mg/100 ml	ALTO
Al		mg/100 ml	ALTO
Na		mg/100 ml	ALTO
Cd	3.26	mg/cm	ALTO
Hg		µg	ALTO

Dr. Quím. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio

LABONORT
LABORATORIOS NORTE
BARBA - ECUADOR

LABONORT
LABORATORIOS NORTE
Juan Hernández y Jaime Roldos (M. Moyata) Ibarra-Ecuador Telf. cel. 0999591050

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

RESULTADOS EXPRESADOS EN PPM Y PORCENTAJE

NOMBRE: DANNY CORDOVA
MUESTRA: ORGÁNICA, BIOL M1
ANÁLISIS: COMPLETO
REPORTE: 11737
FECHA: 2023-12-07
SITIO: IMBABURA- SAN AGUSTÍN

RESULTADOS

ELEMENTO	CONTENIDO	
	ppm	%
NITROGENO*	52.50	0.0053
FOSFORO	87.41	0.0067
AZUFRE	60.50	0.0060
POTASIO	5023.20	0.5023
CALCIO	3018.00	0.3018
MAGNESIO	2796.00	0.2796
ZINC	3.52	0.0004
CORRE	1.06	0.0001
HERRO	52.25	0.0052
MANGANESO	5.38	0.0006
BORO	0.85	0.0000

* Nitrogeno amoniacal
ppm = partes por millón

RESULTADOS ADICIONALES	
pH	6.96 (Neutro)
CE**	3.26 mS/cm

** (CE) Conductividad eléctrica

Métodos:
Nitrógeno (K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn) Absorción atómica
No metálica (N, P, S, B) Colorimétricas (Abs vs C)

Dr. Quím. Edison M. Miño M.
RESPONSABLE DE LABONORT



Anexo 3. Toma de muestra de suelo



Anexo 4. Trazado de parcelas



Anexo 5. Trazado de unidades experimentales



Anexo 6. *Establecimiento de surcos*



Anexo 7. *Pesado de semilla en balanza gramera digital*



Anexo 8. *Dosificación del té de estiércol de ovino*



Anexo 9. *Mezcla de estiércol de ovino*



Anexo 10. *Aplicación con regadera del té de estiércol de ovino*



Anexo 11. *Labores culturales en cultivo de fréjol*



Anexo 12. Medición de altura de planta



Anexo 13. *Labores culturales de deshierba*



Anexo 14. *Medición de altura de planta de fréjol (Phaseolus vulgaris)*



Anexo 15. *Medición de altura del tratamiento testigo*



Anexo 16. *Medición del tratamiento con fertilización Mineral*



Anexo 17. *Fertilización mineral en unidad experimental del fréjol*



Anexo 18. *Cosecha del fréjol*



Anexo 19. *Conteo de número de vainas*



Anexo 20. *Pesado de 100 granos de fréjol*



Anexo 21. *Floración del fréjol*



Anexo 22. Resume de datos estadísticos de las variables dependientes en estudio

Bloque	tratamientos	Altura de planta de fréjol a la floración	Días a la floración de la planta de fréjol	Días a la formación de vainas	Número de vainas por planta	Número de granos por plantas	Peso de 100 granos	Rendimiento
1	1	41	49	54	14	39	97	1058
1	2	44	46	51	19	50	104	1450
1	3	53	40	45	30	74	121	1650
1	4	46	45	48	25	62	117	1525
1	5	37	53	59	10	31	93	970
2	1	42	51	56	16	41	98	1150
2	2	45	48	55	21	53	107	1375
2	3	52	42	46	29	69	118	1595
2	4	47	47	52	24	63	113	1434
2	5	38	51	58	11	35	90	995
3	1	43	53	59	14	38	96	1120
3	2	44	47	53	18	49	107	1290
3	3	53	41	46	28	72	125	1599
3	4	46	44	50	24	58	115	1395
3	5	36	52	59	11	32	84	1009
Promedios/medias		44,46666667	47,26666667	52,73333333	19,6	51,06666667	105,6666667	1307,666667

InfoStat/E - frejol dany

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

frejol dany

Caso	Bloque	Tratamiento	Altura de planta de fréjol a la flo	RDUO Altura de plan réjol a la flo	RABS Altura de plan réjol a la flo
1	1	1	41	-1,40	1,40
2	1	2	46	0,93	0,93
3	1	3	48	-0,40	0,40
4	1	4	50	-0,07	0,07
5	1	5	37	0,93	0,93
6	2	1	44	0,60	0,60
7	2	2	45	-1,07	1,07
8	2	3	49	-0,40	0,40
9	2	4	51	-0,07	0,07
10	2	5	38	0,93	0,93
11	3	1	45	0,80	0,80
12	3	2	47	0,13	0,13
13	3	3	51	0,80	0,80
14	3	4	52	0,13	0,13
15	3	5	36	-1,87	1,87

InfoStat/E - frejol dany

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

frejol dany

Shapiro-Wilks (modificado)

Caso	Bloque	Tratamiento	Altura de planta de fréjol a la flo	RDUO Número de vainas por planta	RABS Número de vainas por planta	PRED Número de vainas por planta	Número de granos por planta	RDUO Número de granos por planta	RABS Número de granos por planta	PRED Número de granos por planta	RDUO RABS Número de nos por planta	RABS RABS Número de nos por planta	PRED RABS Número de nos por planta	Peso de 100 granos	RDUO Peso de 100 granos	RABS Peso de 100 granos	PRED Peso de 100 granos	100 gramos de semilla peso	RDUO 100 gramos de semilla peso	RABS 100 gramos de semilla peso	PRED 100 gramos de semilla peso	RDUO RDUO 100 gramo e semilla peso	RABS RDUO 100 gramo e semilla peso	PRED RDUO 100 gramo e semilla peso	RENDIMIENTO	Días a la flo
1	1	1	41	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
2	1	2	46	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
3	1	3	48	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
4	1	4	50	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
5	1	5	37	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
6	2	1	44	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
7	2	2	45	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
8	2	3	49	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
9	2	4	51	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
10	2	5	38	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
11	3	1	45	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
12	3	2	47	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
13	3	3	51	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
14	3	4	52	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
15	3	5	36	42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20
16				42,40	45,07	48,40	50,07	36,07	43,40	46,07	49,40	51,07	37,07	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20	46,87	50,20	51,87	37,87	41,00	44,20

InfoStat/E - frejol dany

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

frejol dany

Caso	Bloque	Tratamiento	Altura de planta de fréjol a la flo	RDUO Altura de plan réjol a la flo	RABS Altura de plan réjol a la flo	PRED Altura de plan réjol a la flo	Días a la flo
1	1	1	41	-1,40	1,40	42,40	41,00
2	1	2	46	0,93	0,93	45,07	44,20
3	1	3	48	-0,40	0,40	48,40	46,87
4	1	4	50	-0,07	0,07	50,07	50,20
5	1	5	37	0,93	0,93	51,87	51,87
6	2	1	44	0,60	0,60	37,07	44,20
7	2	2	45	-1,07	1,07	46,07	46,87
8	2	3	49	-0,40	0,40	49,40	50,20
9	2	4	51	-0,07	0,07	51,07	51,87
10	2	5	38	0,93	0,93	37,07	44,20
11	3	1	45	0,80	0,80	44,20	44,20
12	3	2	47	0,13	0,13	46,87	46,87
13	3	3	51	0,80	0,80	50,20	50,20
14	3	4	52	0,13	0,13	51,87	51,87
15	3	5	36	-1,87	1,87	37,87	37,87
16						37,87	37,87

Resultados

Variable	N	R ²	R ² A _j	CV
Altura de planta de fréjol..	15	0,97	0,95	2,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	374,13	6	62,36	44,54	<0,0001
Tratamiento	366,00	4	91,50	65,36	<0,0001
Bloque	8,13	2	4,07	2,90	0,1126
Error	11,20	8	1,40		
Total	385,33	14			

ANAVA ANAVA ANAVA