



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

**Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica**

**Efecto comparativo del biol y *Trichoderma harzianum* en el rendimiento del cultivo
de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en la Provincia Huaral**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

Autor

Bili Kevin Caldas Suarez

Asesora

Mg. Elvia Elizabeth Azabache Cubas


Mg. Elvia Elizabeth Azabache Cubas

Huacho – Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica

METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Bili Kevin Caldas Suarez	75009386	26/05/2026
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Elvia Elizabeth Azabache Cubas	16785502	https://orcid.org/0000-0002-0027-4349
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Ruben Dario Paredes Martinez	15760212	https://orcid.org/0009-0000-2266-5837
Luis Miguel Chavez Barbery	15759159	https://orcid.org/0000-0002-3318-2352
Roberto Hugo Tirado Malaver	44565193	https://orcid.org/0000-0001-7064-3501

029163Bili Kevin Caldas Suarez

EFECTO COMPARATIVO DEL BIOL Y Trichoderma harzianum EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE FRIJOL (Phaseolus vu...

UI-FIAIAYA PREGRADO 2026
Unidad de Investigación FIAIAYA-2026
Facultad de Ingeniería Agrarias, Industrias Alimentarias y Ambiental

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3539768086

Fecha de entrega

16 abr 2026, 9:43 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

16 abr 2026, 9:56 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS_-CALDAS_SUAREZ_BILI.pdf

Tamaño del archivo

2.2 MB

69 páginas

15.780 palabras

93.837 caracteres



Página 2 de 77 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::1:3539768086

20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 17% Fuentes de Internet
- 5% Publicaciones
- 11% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A Dios, por ayudarme a salir adelante, por haberme dado la vida, la fortaleza y la sabiduría suficiente para seguir luchando y terminar esta importante etapa de mi formación. A mis padres, Martha Suarez Cuya y Oscar Caldas Sevillano, quienes con su amor, sacrificio y enseñanzas han sido la base principal en mi vida, brindándome siempre su apoyo leal. A mis hermanos, por acompañarme en este camino y ser parte esencial de mi crecimiento personal y profesional. Y a mi novia, Valeria Ramírez Chávez, por su paciencia, comprensión y constante motivación.

Bili Kevin Caldas Suarez

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad N. José Faustino Sánchez Carrión, mi casa de estudios, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional y por ser un espacio de aprendizaje y crecimiento académico.
- A mis docentes, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias, contribuyendo a mi desarrollo personal y profesional.
- A mis amigos y compañeros de estudios, por el compañerismo y apoyo mutuo a lo largo de esta etapa universitaria.

Bili Kevin Caldas Suarez

ÍNDICE

Resumen	11
Abstract	12
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1 Descripción de la realidad problemática	16
1.2 Formulación del problema	17
1.2.1 Problema general	17
1.2.2 Problemas específicos	17
1.3 Objetivos de la investigación	17
1.3.1 Objetivo general	17
1.3.2 Objetivos específicos	17
1.4 Justificación de la investigación	17
1.5 Delimitación del estudio	18
1.6 Viabilidad del estudio	18
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	19
2.1 Antecedentes de la investigación	19
2.1.1 Antecedentes internacionales	19
2.1.2 Antecedentes nacionales	21
2.2 Bases Teóricas	23
Cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	23
Etapas de Desarrollo del Cultivo de Frijol	25
Importancia del frijol en la agricultura y la seguridad alimentaria	27
Requerimientos agronómicos del cultivo	27
Principales limitaciones para el rendimiento en la provincia de Huaral	28
Biol	28
Elaboración del Biol	28
Beneficio del uso del Biol en el cultivo	30
<i>Trichoderma harzianum</i>	31
Importancia de <i>Trichoderma harzianum</i> en la agricultura	31
<i>Trichoderma harzianum</i> en el cultivo de frijol	32
Relación entre el Biol y <i>Trichoderma harzianum</i>	32
2.3 Definición de términos básicos	33

2.4 Hipótesis de investigación	33
2.4.1 Hipótesis general.....	33
2.4.2 Hipótesis específicas	33
2.5 Operacionalización de las variables	35
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	36
3.1 Gestión del experimento.....	36
Ubicación.....	36
3.1.2 Características del área experimental.....	36
3.1.3 Tratamientos en estudio	38
3.1.4 Diseño experimental	38
3.1.5.1- Variables a evaluar	39
3.1.6 Conducción del experimento	39
Validación del instrumento.....	42
Confiabilidad del instrumento.....	42
3.2 Técnicas para el procesamiento de la información	43
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	44
4.1 Altura de planta.....	44
4.2 Longitud de vaina.....	45
4.3 Número de vainas por planta	47
4.4 Número de granos por vaina	48
4.5 Rendimiento total	50
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	52
5.1 Altura de planta.....	52
5.2 Longitud de vaina.....	53
5.3 Número de vainas por planta	53
5.4 Número de granos por vaina	54
5.5 Rendimiento total	55
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
6.1 Conclusiones	56
6.2 Recomendaciones	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Operacionalización de variables</i>	35
Tabla 2 <i>Tratamientos</i>	38
Tabla 3 <i>Análisis de varianza altura de planta</i>	44
Tabla 4 <i>Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias de altura de planta</i>	44
Tabla 5 <i>Análisis de varianza longitud de vaina</i>	45
Tabla 6 <i>Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias de longitud de vaina</i>	46
Tabla 7 <i>Análisis de varianza número de vainas por planta</i>	47
Tabla 8 <i>Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias de número de vainas por planta</i>	47
Tabla 9 <i>Análisis de varianza número de granos por vaina</i>	48
Tabla 10 <i>Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias de número de granos por vainas</i>	49
Tabla 11 <i>Análisis de varianza rendimiento total</i>	50
Tabla 12 <i>Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias de rendimiento total</i>	50
Tabla 13 <i>Datos de campo para altura de planta</i>	65
Tabla 14 <i>Datos de campo para longitud de vaina</i>	65
Tabla 15 <i>Datos de campo para número de vainas por planta</i>	66
Tabla 16 <i>Datos de campo para número de granos por vaina</i>	66
Tabla 17 <i>Datos de campo para rendimiento total</i>	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área experimental.....	36
Figura 2. Croquis del área experimental.....	37
Figura 3. Crecimiento de planta	45
Figura 4. Longitud de vaina.....	46
Figura 5. Número de vainas por planta	48
Figura 6. Número de grano por vaina.....	49
Figura 7. Rendimiento total.....	51
Figura 8. Campo experimental	68
Figura 9. Campo experimental	68
Figura 10. Inicio de floración	69
Figura 11. Crecimiento de vainas.....	69
Figura 12. Longitud de vainas por tratamiento	70
Figura 13. Número de vainas por tratamiento	70
Figura 14. Medición, conteo y evaluación	71
Figura 15. Cartilla de evaluación.....	72

Resumen

Objetivo: Evaluar el efecto del Biol y *Trichoderma harzianum* en el rendimiento del cultivo de frijol en la provincia Huaral. **Metodología:** La investigación se realizó en la localidad de Palpa, Distrito Aucallama, Provincia de Huaral, departamento de Lima, cuya ubicación UTM es: -11.499133, -77.120494 donde se utilizó un diseño en bloque completamente al azar (DBCA), los cuales fueron 4 tratamientos con 4 repeticiones, teniendo la cantidad total de 16 unidades en experimento, siendo el T1: Testigo, T2: Biol (20L/cil), T3: *Trichoderma harzianum* (0.5kg/cil) y T4: Biol (20L/cil) + *Trichoderma harzianum* (0.5kg/cil)., para la obtención de resultados se utilizó Infostat -Statistical Software versión Estudiantil. **Resultados:** indican que el tratamiento con *Trichoderma harzianum* (T3) promovió el mayor crecimiento de las plantas con 50.6cm, mayor número de vainas con 14.8 vainas por planta, mayor longitud de vainas con 21.2cm y mayor número de granos por vaina con 8 granos, mostrando diferencias significativas respecto al testigo, en cuanto al rendimiento el T4 Biol + *Trichoderma harzianum* tuvo el mayor rendimiento con 2.23t/ha. **Conclusión:** La aplicación de *Trichoderma harzianum* influyó significativamente en el crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en la provincia de Huaral, superando al tratamiento testigo y al uso individual de Biol en todas las variables evaluadas.

Palabras claves: Biol, frijol, *Trichoderma harzianum*, orgánico

Abstract

Objective: To evaluate the effect of Biol and *Trichoderma harzianum* on bean crop yield in the Huaral province. **Methodology:** This research will be conducted in the town of Palpa, Aucallama District, Huaral Province, Lima Department, at UTM coordinates -11.499133, -77.120494. A completely randomized block design (CRBD) was used, with 4 treatments and 4 replicates, for a total of 16 experimental units. The treatments were: T1: Control, T2: Biol (20L/cil), T3: *Trichoderma harzianum* (0.5kg/cil), and T4: Biol (20L/cil) + *Trichoderma harzianum* (0.5kg/cil). Infostat - Student version of Statistical Software was used to obtain the results. **Results:** The treatment with *Trichoderma harzianum* (T3) indicates that the plant growth rate of 50.6 cm, the number of pods (14.8 pods per plant), the greatest pod length (21.2 cm), and the highest number of grains per pod (8 grains) were significantly different from the control. Regarding yield, T4 (Biol + *Trichoderma harzianum*) had the highest yield at 2.23 t/ha. **Conclusion:** The application of *Trichoderma harzianum* significantly influenced the growth and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the province of Huaral, surpassing the control treatment and the use of Biol alone in all evaluated variables.

Keywords: Biol, common bean, *Trichoderma harzianum*, organic

INTRODUCCIÓN

La agricultura peruana enfrenta actualmente el reto de mantener su productividad y sostenibilidad frente a condiciones ambientales cambiantes, la degradación progresiva de los suelos y la dependencia prolongada de fertilizantes químicos sintéticos. El frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) constituye entre uno de los principales cultivos leguminosos más relevantes tanto a escala mundial como nacional, debido a su importante aporte nutricional, su importancia económica y su rol clave en la seguridad alimentaria. A nivel mundial, el frijol es trabajado por más de 30 mill de ha, y representa una de las principales fuentes de proteína vegetal para millones de personas, especialmente en América Latina, África y Asia (Broughton et al., 2003; FAO, 2019). En el Perú, este cultivo ocupa alrededor de 74 000 hectáreas, con una producción anual de aproximadamente 88 000 toneladas de grano seco, destacando su presencia en la costa, sierra y selva, donde forma parte de los sistemas productivos familiares y agroindustriales (Agraria.pe, 2024).

Sin embargo, a pesar de su relevancia, la producción de frijol en muchas regiones del país no alcanza su potencial máximo. Factores como la baja fertilidad de los suelos, el uso intensivo e indiscriminado de fertilizantes químicos, el manejo agronómico deficiente y las condiciones climáticas adversas afectan directamente la productividad (Valdivia et al., 2017; MINAGRI, 2019). El uso excesivo de agroquímicos ha conducido a problemas como la pérdida de materia orgánica, la disminución de la biodiversidad edáfica y la contaminación de fuentes hídricas, generando suelos menos resilientes y cultivos más dependientes de insumos externos (Álvarez & Mejía, 2020). Ante esta situación, se hace necesario explorar estrategias agrícolas sostenibles que permitan incrementar el rendimiento de los cultivos sin comprometer la salud ambiental ni la viabilidad económica de los pequeños y medianos productores.

En este contexto, los biofertilizantes se presentan como una alternativa prometedora y ambientalmente amigable. Estos productos contienen microorganismos benéficos y compuestos bioactivos que mejoran la disponibilidad de nutrientes, estimulan el crecimiento vegetal y contribuyen a la recuperación de la fertilidad del suelo (Pérez & Medina, 2018; Álvarez & Mejía, 2020). Entre ellos destacan el Biol y el hongo *Trichoderma harzianum*, ampliamente reconocidos por su potencial en la agricultura sostenible.

El Biol es un fertilizante orgánico líquido obtenido por fermentación anaeróbica de materiales orgánicos (estiércol, residuos vegetales y melaza), rico en macro y micronutrientes, sustancias bioestimulantes y microorganismos beneficiosos. Su uso mejora la estructura y fertilidad del suelo, promueve el desarrollo radicular y estimula la síntesis de hormonas naturales, impactando positivamente en el crecimiento y rendimiento de diversos cultivos (Mamani et al., 2021; Villegas, 2022). Además, su producción es económica y accesible para pequeños agricultores, al poder elaborarse con insumos locales, contribuyendo así a la soberanía tecnológica y a la reducción de costos de producción (FAO, 2021).

Por otro lado, *Trichoderma harzianum* es un hongo filamentoso ampliamente empleado en sistemas agrícolas debido a su doble función como agente de control biológico y biofertilizante. Este microorganismo coloniza la rizósfera, compite eficazmente con patógenos del suelo, libera enzimas hidrolíticas y metabolitos antimicrobianos, e induce resistencia sistémica en las plantas (Contreras-Cornejo et al., 2016; Harman et al., 2021). Además, estimula la emisión de raíces y la absorción de nutrientes, mejorando la arquitectura radicular y promoviendo un crecimiento vegetal vigoroso (Khan et al., 2022). Diversos estudios han demostrado que su aplicación en cultivos como frijol, lechuga y cereales mejora significativamente la altura de planta, el número de vainas y el rendimiento total (Luna et al., 2023; García & Ruiz, 2024).

La provincia de Huaral, en la región Lima, presenta condiciones edafoclimáticas favorables para el cultivo de frijol; sin embargo, enfrenta problemas de baja fertilidad del suelo, limitada asistencia técnica y dependencia de fertilizantes químicos (MINAGRI, 2019). Esto ha ocasionado rendimientos por debajo de los potenciales estimados, afectando la rentabilidad de los pequeños y medianos agricultores locales. Pese a ello, en esta zona no existen suficientes estudios que evalúen de forma comparativa el efecto del Biol y *Trichoderma harzianum* sobre el cultivo de frijol, lo cual representa una brecha de conocimiento técnico y científico que limita la adopción de estas tecnologías.

La presente investigación titulada “Efecto comparativo del Biol y *Trichoderma harzianum* en el rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia Huaral”, busca generar información confiable y aplicable sobre el potencial de estos biofertilizantes como herramientas para mejorar la productividad agrícola de manera sostenible. Se plantea evaluar de forma experimental la respuesta del cultivo de frijol a la aplicación individual y

combinada de Biol y *Trichoderma harzianum*, midiendo su efecto sobre variables agronómicas clave como la altura de planta, el número de vainas por planta y el rendimiento total por hectárea.

Este estudio es relevante por varias razones. En primer lugar, contribuye al conocimiento científico local sobre el uso de bioinsumos en leguminosas, generando evidencia experimental en condiciones edafoclimáticas reales de Huaral. En segundo lugar, ofrece alternativas productivas sostenibles que pueden reducir el uso de fertilizantes químicos, mejorar la salud de los suelos y aumentar la rentabilidad de los agricultores. Finalmente, al promover el uso de insumos orgánicos y microorganismos benéficos, esta investigación se alinea con los objetivos de la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria, fomentando sistemas más resilientes y ecológicamente equilibrados (FAO, 2021; Muñoz-Perea et al., 2022).

En suma, la introducción de biofertilizantes como Biol y *Trichoderma harzianum* en los sistemas productivos locales no solo representa una estrategia para elevar rendimientos agrícolas, sino también una vía concreta hacia la sostenibilidad, la conservación de los recursos naturales y la independencia tecnológica de los agricultores frente a insumos externos. La generación de evidencia técnica y científica en esta investigación permitirá fortalecer las recomendaciones agronómicas para el cultivo de frijol en Huaral, con impacto potencial a nivel regional y nacional.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) se ha convertido en una de las hortalizas de creciente importancia dentro de la oferta agroexportadora del Perú. Siendo este uno de los cultivos más ampliamente distribuidos a lo largo y ancho de la costa, sierra y selva del Perú, donde se cultivan aproximadamente unos 74,000 hectáreas, lo que nos permite la producción anual de 88,000 toneladas de grano seco (Agraria.pe, 2024). En la agricultura moderna, el uso de fertilizantes químicos ha sido una de las principales estrategias para incrementar la productividad de los cultivos. Sin embargo, su uso excesivo ha generado problemas ambientales significativos, como la degradación del suelo, la contaminación de fuentes de agua y la reducción de la biodiversidad, teniendo como respuesta en la actualidad un bajo rendimiento del cultivo por hectárea o no llegar a las toneladas deseadas por la degradación del suelo y haciéndonos dependientes de estos productos químicos. En la región de Huaral, donde la producción agrícola es vital para la economía local, los pequeños y medianos agricultores del cultivo de frijol se enfrentan a estos desafíos ya mencionados.

En este contexto, la búsqueda de alternativas más sostenibles se ha vuelto crucial. El uso de biofertilizantes naturales, como el Biol y *Trichoderma harzianum*, ha ganado atención debido a su potencial para mejorar el rendimiento de los cultivos sin los efectos negativos de los fertilizantes sintéticos. Estudios demuestran que el uso de bioproductos a base de *Trichoderma* promueve aún más el crecimiento y el desarrollo de los cultivos mejorando la productividad (Cortés, Alvarado y Sánchez, 2023). Haciéndola así un excelente promotor del crecimiento, dentro de los principales efectos se reportan la estimulación de la germinación, el crecimiento radical, altura de la planta y grosor del tallo, altos rendimientos, así como aumento en la concentración de minerales en el suelo y tejidos foliares (Cortés et al., 2023). Por otro lado el Biol proporciona una notable actividad biológica y contiene una abundante cantidad de macronutrientes y micronutrientes que benefician el desarrollo, crecimiento y producción de las plantas, además presenta una excelente cantidad y calidad de materia orgánica, lo que contribuye a una alta fertilidad del suelo (Villamar, 2022). No obstante, en la zona de Huaral, los estudios sobre su efecto específico en el cultivo de frijol son escasos o inexistentes, lo que deja una brecha de conocimiento sobre su efectividad en este contexto agrícola particular.

Esta situación plantea una problemática importante: la necesidad de evaluar el efecto del Biol y *Trichoderma harzianum* como alternativas ecológicas y viables para mejorar el rendimiento del cultivo de frijol en la provincia de Huaral, reduciendo al mismo tiempo la dependencia de productos químicos y mitigando los efectos negativos en el medio ambiente.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto del Biol y *Trichoderma harzianum* en el rendimiento del cultivo de frijol en la provincia Huaral?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo influirá el Biol en el rendimiento del cultivo de frijol en la provincia Huaral?
- ¿Cómo influirá el *Trichoderma harzianum* en el rendimiento del cultivo de frijol en la provincia Huaral?
- ¿Cómo influirá la interacción entre el Biol y *Trichoderma harzianum* en el rendimiento del cultivo de frijol en la provincia Huaral?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del Biol y *Trichoderma harzianum* en el rendimiento del cultivo de frijol en la provincia Huaral.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del Biol en el rendimiento del cultivo de frijol en la provincia Huaral
- Evaluar el efecto del *Trichoderma harzianum* en el rendimiento del cultivo de frijol en la provincia Huaral
- Evaluar la interacción entre el Biol y *Trichoderma harzianum* en el rendimiento del cultivo de frijol en la provincia Huaral

1.4 Justificación de la investigación

El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es de gran importancia en la agricultura peruana, debido a su alto valor nutricional y su rol fundamental en la alimentación de la población. En la zona de Huaral, la producción de frijol enfrenta desafíos relacionados al bajo

rendimiento y disminución de la fertilidad del suelo, la dependencia de fertilizantes químicos y las condiciones climáticas adversas. Estos factores no solo afectan el rendimiento del cultivo de frijol, sino que también tienen un impacto negativo en la sostenibilidad agrícola a largo plazo y en la calidad del producto final.

En este contexto, la aplicación de biofertilizantes naturales como el Biol y *Trichoderma harzianum* ofrece una alternativa prometedora para mejorar la producción agrícola de manera sostenible. El Biol y *Trichoderma harzianum* son ricos en nutrientes y compuestos bioactivos que han demostrado potenciar el crecimiento de las plantas, mejorar el rendimiento, incrementar la absorción de nutrientes, aumentar la resistencia a factores de estrés abiótico y reducir la incidencia de enfermedades. Sin embargo, en la provincia de Huaral no se han realizado estudios específicos de estos y que efectos tienen en el rendimiento del cultivo de frijol, lo que representa una oportunidad de investigación.

Este estudio es necesario para evaluar qué efectos positivos tendrá el Biol y *Trichoderma harzianum* en el cultivo de frijol y si su uso puede incrementar el rendimiento y la calidad, ofreciendo una alternativa sostenible a los fertilizantes químicos tradicionales. Los resultados de esta investigación podrían beneficiar no solo a los agricultores locales, quienes buscan métodos más rentables y ecológicos de cultivo, sino también al medio ambiente, al reducir la dependencia de insumos químicos y mejorar la sostenibilidad agrícola en la región.

1.5 Delimitación del estudio

El presente proyecto de investigación experimental se realizó en la localidad de Palpa, distrito de Aucallama, provincia de Huaral, de la Región Lima. Llevándose a cabo entre los meses de octubre 2024 a enero 2025.

1.6 Viabilidad del estudio

El presente proyecto de investigación experimental es viable, gracias al acceso y disponibilidad de los insumos, y asesoría de ingenieros especialistas en el cultivo de frijol.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Santana y Vera (2023), Ecuador, el objetivo de su estudio fue determinar la incidencia de *Trichoderma* y *Bacillus* en la optimización del rendimiento del frijol caupí, con aplicaciones en intervalos de 8 y 15 días junto a su efecto combinado. Las variantes analizadas consistieron en: *Trichoderma* + 0.5 g/L agua (T1), *Trichoderma* + 0.5 g/L agua (T2), *Bacillus* + 0.5 ml/L agua (T3), *Bacillus* + 0.5 ml/L agua (T4), *Bacillus* x *Trichoderma* + 1 ml/L agua (T5) y *Bacillus* x *Trichoderma* + 1 ml/L agua (T6). Los parámetros evaluados incluyeron: extensión de la vaina (cm), cantidad de vainas por unidad, peso de 100 granos en estado verde (g), número de semillas por vaina y la producción de mazos verdes por hectárea (Kg). El procesamiento de la información se efectuó a través de estadística descriptiva, análisis de varianza (ADEVA) y comparación de medias empleando el test de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Los resultados indicaron que la mayor longitud de vaina se obtuvo en el T6 con 23,67 cm, mientras que la cifra más baja se registró en el T2 con 22,31 cm; en cuanto al número de vainas, el registro más alto fue para el T3 con 139,25 unidades y el menor para el grupo testigo con 89,00 unidades; respecto al peso de vainas, el valor máximo correspondió al T3 con 1397,20 kg ha y el mínimo a 938,18 kg ha; para la productividad, el pico máximo se alcanzó en el T3 con 19960,04 mazos verdes ha y el nivel más bajo fue del testigo con 19960,04 mazos verdes ha; finalmente, para las dimensiones de cantidad de semillas y peso de 100 granos, no se detectaron variaciones estadísticas significativas.

Luna, Machuca, Cisneros y Jiménez., (2023), México, se realizó un trabajo orientado a documentar la productividad y sus elementos constituyentes en el frijol de la variedad Junio León (*Phaseolus vulgaris L.*). El cultivo fue sometido a cuatro tipos de fertilización orgánica: ácidos húmicos y fúlvicos (T1), Micorrizas (T2), *Trichoderma harzianum* (T3), y extractos de algas marinas (T4). Para ello, se implementó un diseño de bloques aleatorios con cuatro réplicas, definiendo como unidad experimental los dos surcos interiores de un conjunto de cuatro, con una extensión de 5 m y un distanciamiento de 0.75 m. Se obtuvieron tres ejemplares por cada tratamiento y repetición, evaluando variables como la cantidad de vainas por espécimen, granos contenidos en cada vaina, la masa de 100 semillas (g) y la productividad global (g/m²). Los hallazgos demostraron que, en cuanto al número de vainas, el promedio más alto correspondió al T1 con 46 unidades por planta analizada; respecto al

conteo de granos por vaina, el desempeño óptimo se observó en el T3 con un rango de 4 a 6. Por otro lado, la mayor media de rendimiento se registró en el T1 con 52.2 g/m², mientras que en el peso de 100 semillas, el promedio superior fue alcanzado por el T4 con 36.1 g por cada centenar de semillas.

Puentes, Ávila y Ravelo., (2025), Cuba, se realizó la investigación con el propósito de establecer cómo influye la aplicación de Biol en el cultivo de *P. vulgaris* L. dentro de la Cooperativa “Capitán Lawton” (Isla de la Juventud), sobre un terreno Alítico Rojo de Baja Actividad Arcillosa. Se utilizó un modelo experimental de bloques íntegramente al azar, contemplando cinco grupos experimentales y tres réplicas (usando fertilizante mineral 0.8 t.ha⁻¹ como control, además de dosis de 5 L.ha⁻¹ y 10 L.ha⁻¹ de Biol complementadas con fertilizante mineral a los 15 y 30 días tras el brote), en la clase de frijol CC 25-9-N. Se analizaron variables como el tamaño de la planta, el total de follaje, la cantidad de vainas por espécimen, granos por cada vaina, masa de 1000 granos y la productividad en t.ha⁻¹. La información recopilada fue gestionada mediante el software estadístico InfoStat (Versión 2.0, 2002), realizando el contraste de medias a través del test de rangos múltiples de Duncan. Las conclusiones evidenciaron que el uso de Biol impactó positivamente en los promedios registrados; el nivel más alto en estatura vegetal se presentó en el T2 con 20 cm a las dos semanas de la germinación, en cuanto al número de hojas, el pico máximo fue para el T2 con 12.5, respecto a la cantidad de vainas, el registro superior fue del T2 con 20 unidades, para el conteo de granos el valor óptimo fue el T2 con 6 semillas, y finalmente, para el peso de mil unidades, la cifra mayor correspondió al T2 con 234g.

Méndez (2021), Nicaragua, realizó a cabo un estudio enfocado en analizar el impacto de la nutrición orgánica con biol frente a la fertilización tradicional sobre el desarrollo y productividad del maíz (*Zea mays* L.) y el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). El proyecto tuvo lugar en las instalaciones de la finca El Plantel, perteneciente a la UNA. El proceso investigativo se fragmentó en dos experimentos independientes (maíz y frijol), empleando en ambos un esquema de Bloques Completos al Azar bajo un formato de parcelas divididas. Se consideraron dos variantes para el control de malezas (manejo 1 y 2) y cuatro categorías para la nutrición vegetal (tres modalidades de biol y una convencional) con cuatro réplicas cada una, cuya integración derivó en ocho tratamientos distintos por especie. En lo que respecta al frijol, el examen de los factores de manejo reveló discrepancias estadísticas en el rendimiento, donde el manejo dos alcanzó los promedios más elevados con 729.68 kg/ha. Por el contrario, el factor de fertilización no reflejó diferencias significativas en la

producción, situación que se repitió al analizar las interacciones entre variables, las cuales tampoco mostraron relevancia estadística para el rendimiento.

Condori (2021), Bolivia, realizó una investigación dirigida a examinar el desempeño agronómico de ocho tipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) mediante la implementación de dos fertilizantes de origen líquido: Biol y lixiviado de Humus de lombriz. El estudio buscó evaluar tanto el desarrollo de las plantas como su productividad para ofrecer al productor nuevas opciones económicas; los materiales genéticos analizados incluyeron las variedades Charolito, Negro Sen, MIB, Mairana, Fortaleza, Rojo Oriental, Negro Chane y VFR. El procesamiento de la información se basó en un diseño de Bloques Completamente al Azar con una estructura bifactorial (BCA), lo que derivó en 24 tratamientos y tres réplicas, sumando un conjunto de 72 unidades bajo observación. Respecto a los hallazgos en la estatura de la planta, el registro sobresaliente correspondió a la variedad VFR (V8) con una medida de 182.76 cm. Por otro lado, la mayor extensión de vaina se detectó en la variedad Fortaleza (V6), alcanzando los 11.34 cm; en cuanto a la cantidad de semillas por vaina, destacó Negro Chane con un promedio de 7 unidades. Finalmente, el peso superior en 100 semillas fue obtenido por la variedad Rojo Oriental (V5) con un registro de 48.2 gramos.

2.1.2 Antecedentes nacionales

León (2024), en su investigación cuyo propósito fue analizar el efecto de tres niveles distintos de biol sobre el crecimiento y la productividad del frijol castilla (*Vigna unguiculata* L. Walp). El esquema experimental incluyó 4 grupos: T1 (control), T2 (1.0 m³ biol/ha), T3 (2.0 m³ biol/ha) y T4 (3.0 m³ biol/ha). Se monitorearon indicadores como la estatura vegetal (cm) y el proceso de ganancia de biomasa fresca y seca (g) en intervalos de 30, 60 y 70 días tras la resiembra; durante la fase de recolección, se midieron el rendimiento de grano (t/ha), la cantidad de vainas por espécimen y el total de granos por vaina. Se aplicó un diseño de bloques íntegramente al azar con 4 réplicas, utilizando el test de Duncan al 5% para establecer variaciones estadísticas entre los grupos. Los hallazgos indicaron que la mayor cantidad de vainas por planta se registró en el T2 con una media de 94.48, mientras que el recuento máximo de granos por vaina se presentó en el T3 con 12.31. El rango de altura vegetal varió de 184.91 cm (T4) a 121.55 cm (T1). Respecto a la biomasa fresca en tallos, follaje y vainas, los registros más elevados correspondieron al T3, con valores de 349.68 g, 197.10 g y 109.48 g, respectivamente. Finalmente, para la biomasa seca, los resultados fueron de 18.25 g (T2), 18.75 g (T4) y 27.75 g (T2) en el orden mencionado.

Simon (2021), en su investigación tuvo como objetivo estimar cómo repercuten los abonos bioorgánicos en la productividad de especies leguminosas, trabajo llevado a cabo en Pavina, dentro del distrito de Umari (Pachitea - Huánuco). La metodología consistió en un diseño de bloques completos al azar (DBCA), estructurado en cuatro bloques y cuatro variantes de estudio; estas últimas contemplaron tres concentraciones de Bio: 1L Bio/10 L de agua (T1), 1/2 L Bio/10 L de agua (T2), 1/4 L bio/10 L de agua (T3) y un grupo de control. Los hallazgos determinaron que el T1 generó un impacto estadísticamente importante, alcanzando un promedio de 48,03 vainas por golpe, una masa de vaina de 161,30 g por golpe, así como un peso de 100 unidades de 68,20 g y una producción neta de grano por superficie de 1,08 kg.

López (2023), en su investigación orientó a precisar cómo incide el Biol enriquecido con microorganismos de montaña en la productividad del frijol castilla (*Vigna unguiculata* Walp.). Asimismo, buscó establecer el efecto de este insumo en el desarrollo vegetativo aéreo, la ganancia de biomasa y el rendimiento final del cultivo. La fase experimental constó de cinco grupos de estudio con concentraciones de 0, 25, 50, 75 y 100 ml de Biol con MM diluidos en 20 litros de agua. De acuerdo con los hallazgos, el desempeño sobresaliente se registró en el T5 (100 ml de biol con MM/20 litros de agua), tratamiento que propició la estatura de planta más alta con 55.55 cm. En esa misma línea, se reportó el diámetro de tallo más robusto con 9.10 mm y la mayor acumulación de materia seca (biomasa) con 4108.68 kg/Ha. Finalmente, la productividad óptima se vinculó al conteo superior de vainas por ejemplar, con una media de 32 unidades, 272 semillas de frijol por espécimen y una eficiencia de 3904.69 kg/Ha.

Mostacero y Tirado (2023), llevaron a cabo una investigación en la ciudad de Trujillo con el fin de analizar la respuesta de la lechuga (*Lactuca sativa*) ante la aplicación de dos variantes de bioles. El estudio contempló tres grupos experimentales: un control (T0), biol LEVA (T1) y biol BACID (T2), organizados bajo un modelo de bloques íntegramente al azar. Las variables analizadas incluyeron la estatura vegetal, así como la cantidad y el grosor de las hojas. Tras dos semanas de observación, los grupos T1 y T2 evidenciaron un incremento del 10% y 11% respectivamente en la altura de los ejemplares frente al grupo T0. Asimismo, a los 21 días se registró una fluctuación notable en el conteo de hojas para el T2; paralelamente, al cumplirse los 14 días, el diámetro foliar mostró un desarrollo superior del 5% en T1 y del 7% en T2 en comparación al testigo. Estos hallazgos validan el impacto favorable que ejercen los bioles sobre el desarrollo del cultivo de lechuga.

Villegas (2022), dirigió un estudio con el propósito de examinar cómo influyen cuatro concentraciones de Biol y dos niveles de densidad poblacional en la productividad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), específicamente en la variedad Chaucha, dentro del distrito de Chachapoyas, Amazonas. La investigación se basó en un diseño factorial de Bloques Completamente al Azar (DBCA), segmentado por dos densidades de siembra y un total de 5 tratamientos, incorporando un grupo de control. Los resultados revelaron que el desempeño óptimo se obtuvo con la dosis de 20 ml de Biol/planta, logrando una estatura vegetal promedio de 47,79 cm; asimismo, se registraron 19,54 unidades de vainas, 5 semillas por espécimen, un diámetro de vaina de 1,77 cm, una masa de biomasa seca de 183,17 gr. y una eficiencia productiva de 8838,54 kg/ha.

2.2 Bases Teóricas

Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*).

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas más importantes a nivel mundial debido a su valor nutricional y económico (Broughton et al., 2003). En el Perú, el frijol representa un cultivo clave en la agricultura familiar, siendo una fuente primaria de proteínas vegetales y carbohidratos para las comunidades rurales (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2019).

El desarrollo del frijol está influenciado por diversos factores, como el tipo de suelo, disponibilidad de nutrientes, manejo agronómico y condiciones climáticas. La provincia de Huaral presenta características agroclimáticas favorables para el cultivo de leguminosas, pero enfrenta desafíos como la baja fertilidad del suelo y la incidencia de plagas y enfermedades (Valdivia et al., 2017).

Taxonomía.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) pertenece a la familia Fabaceae y es una de las leguminosas más importantes en la alimentación humana. Su clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Faboideae

Tribu: Phaseoleae

Género: Phaseolus

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

La especie *Phaseolus vulgaris* es originaria de América, específicamente de las regiones tropicales y subtropicales de Mesoamérica y los Andes, donde se domesticó hace más de 7,000 años (Gepts et al., 2019). Este cultivo se caracteriza por su gran adaptabilidad, siendo cultivado en diversos climas y suelos en todo el mundo.

Morfología.

Raíz

El frijol tiene un sistema radicular pivotante, con una raíz primaria profunda que puede alcanzar hasta 1 metro de longitud, dependiendo de las condiciones del suelo. Esta raíz principal está acompañada de raíces secundarias y terciarias que incrementan la capacidad de absorción de agua y nutrientes. En asociación con bacterias del género *Rhizobium*, las raíces forman nódulos donde se fija biológicamente el nitrógeno, contribuyendo a la fertilidad del suelo (Beebe et al., 2021).

Tallo

El tallo del frijol varía según el hábito de crecimiento de la planta, que puede ser erecto, semierecto o trepador. Es cilíndrico, herbáceo y, en etapas iniciales, presenta coloración verde. En las variedades trepadoras, el tallo desarrolla zarcillos que facilitan el enredo en estructuras de soporte. Su grosor y resistencia dependen de factores genéticos y ambientales (Singh et al., 2020).

Hojas

Las hojas son trifoliadas, con un pecíolo central largo y tres folíolos ovados o lanceolados de bordes lisos. Presentan una disposición alterna y están cubiertas por una fina pubescencia que puede variar según la variedad. La coloración es verde intensa en plantas jóvenes, y puede desvanecerse durante el estrés hídrico o al final del ciclo (FAO, 2021).

Flores

El frijol produce flores hermafroditas de simetría bilateral (zigomorfas), dispuestas en racimos axilares. Las flores tienen una corola de color blanco, morado o rosado, dependiendo de la variedad. La floración ocurre aproximadamente 30 a 45 días después de la siembra, siendo un factor crítico para el rendimiento debido a su relación con la formación de vainas (Graham et al., 2019).

Fruto

El fruto del frijol es una vaina alargada y cilíndrica, de 10 a 20 cm de longitud, que contiene entre 4 y 12 semillas. Las vainas maduras pueden ser verdes, amarillas o púrpuras. El número de vainas por planta y el número de semillas por vaina son indicadores clave del rendimiento (Beebe et al., 2021).

Semilla

La semilla es reniforme y presenta una gran diversidad en tamaño, color y patrón, características que varían entre las variedades. Contiene entre un 20% y 25% de proteínas, siendo una fuente importante de nutrientes para la dieta humana. Su tegumento liso protege al embrión y cotiledones ricos en almidón, lípidos y proteínas (Singh et al., 2020).

Etapas de Desarrollo del Cultivo de Frijol.

Germinación y Emergencia

La primera etapa, la germinación y emergencia, comienza con la hidratación de la semilla, lo que activa procesos metabólicos fundamentales. En esta fase, la radícula emerge hacia el suelo y el hipocótilo crece hacia la superficie, dando lugar a las plántulas. Este proceso se completa entre los 5 y 10 días después de la siembra, dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad. Es una etapa crítica, ya que un establecimiento uniforme del cultivo es fundamental para el éxito posterior. En esta fase, es importante garantizar un riego adecuado y proteger las plántulas contra plagas como los gusanos cortadores (*Agrotis spp.*) (Beebe et al., 2021).

Fase vegetativa

Se desarrolla la fase vegetativa, que abarca desde la aparición de las primeras hojas trifoliadas hasta el completo desarrollo del follaje. Esta etapa ocurre entre los 15 y 25 días posteriores a la emergencia. Durante este tiempo, la planta establece su capacidad fotosintética y desarrolla un sistema radicular robusto. El manejo agronómico en esta fase

incluye la aplicación de fertilizantes ricos en nitrógeno y un control adecuado de malezas para evitar la competencia por recursos esenciales (Singh et al., 2020).

Floración

La floración marca el inicio de la etapa reproductiva y ocurre entre los 30 y 45 días después de la siembra, dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales. Las flores hermafroditas se forman en racimos axilares, y su desarrollo es continuo durante 10 a 20 días. Esta etapa es particularmente sensible al estrés hídrico, térmico o nutricional, que puede provocar la caída de flores y afectar el rendimiento del cultivo. Es crucial garantizar un riego eficiente y aplicar fertilizantes ricos en fósforo y potasio para apoyar la formación de flores y vainas (FAO, 2021).

Formación de vainas

Posteriormente, la formación de vainas se inicia cuando las flores polinizadas comienzan a desarrollar vainas jóvenes. Este proceso dura entre 10 y 15 días y define el potencial de rendimiento del cultivo. Durante esta etapa, se requiere un manejo adecuado del suelo, con aplicaciones de biofertilizantes como biol y hongos benéficos como *Trichoderma harzianum*, que mejoran la disponibilidad de nutrientes y protegen contra enfermedades (Harman et al., 2021).

Llenado de granos

El llenado de granos ocurre a medida que las vainas alcanzan su tamaño final y los granos en su interior comienzan a acumular materia seca. Esta fase, que dura entre 15 y 25 días, es de alta demanda de agua y nutrientes. Cualquier estrés en este período puede reducir significativamente el tamaño y peso de los granos. Por ello, es fundamental mantener niveles adecuados de humedad en el suelo y proteger el cultivo de plagas como los minadores de vaina (*Etiella zinckenella*) (Khan et al., 2022).

Maduración

Finalmente, la etapa de maduración se caracteriza por el cambio de color de las vainas y la senescencia de la planta. Esta etapa ocurre entre 10 y 15 días después del llenado de granos, y marca el final del ciclo del cultivo. Durante esta fase, los granos alcanzan su tamaño y peso máximos, y es crucial realizar la cosecha de manera oportuna para evitar pérdidas debido a enfermedades o condiciones climáticas adversas. En este punto, se recomienda reducir el riego para garantizar una buena calidad de los granos (FAO, 2021).

Importancia del frijol en la agricultura y la seguridad alimentaria.

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es una de las leguminosas más cultivadas y consumidas a nivel mundial. Su importancia radica en ser una fuente rica de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales esenciales, como hierro y zinc, fundamentales para combatir la desnutrición y la inseguridad alimentaria (Broughton et al., 2003). Además, en sistemas agrícolas sostenibles, el frijol contribuye a la fijación biológica de nitrógeno, mejorando la fertilidad del suelo y reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos (Singh et al., 2013).

En países en desarrollo, donde la disponibilidad de proteínas animales puede ser limitada, el frijol juega un papel crucial como alimento básico (FAO, 2019). En Perú, es particularmente relevante en la agricultura familiar, siendo un cultivo estratégico en términos de nutrición y generación de ingresos.

Requerimientos agronómicos del cultivo.

El frijol requiere condiciones específicas para maximizar su rendimiento:

Clima.

El frijol común es una planta de ciclo corto que prospera en climas cálidos y templados. Su desarrollo óptimo se da en temperaturas entre 18 °C y 26 °C, siendo ideal evitar temperaturas extremas que puedan dañar las flores o limitar el llenado de las vainas. Las heladas son altamente perjudiciales, especialmente en las fases de germinación y floración. Además, requiere una buena cantidad de luz solar, ya que esta influye directamente en el proceso de fotosíntesis y en el desarrollo del cultivo. El frijol es moderadamente sensible a los vientos fuertes, los cuales pueden ocasionar el quiebre de tallos y la caída de flores (FAO, 2020).

Suelo.

El frijol prefiere suelos de textura media, como franco-arenosos o franco-limosos, ya que estos proporcionan un buen balance entre retención de agua y aireación. Es fundamental que el suelo tenga un buen drenaje para evitar problemas de anegamiento, los cuales pueden favorecer enfermedades radiculares. El rango de pH ideal está entre 6.0 y 7.0, ya que un suelo ácido o alcalino puede afectar la absorción de nutrientes clave como el fósforo y el zinc. Es esencial que el suelo contenga niveles adecuados de materia orgánica (alrededor del 3%) y nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio, debido a la alta demanda del cultivo durante el crecimiento vegetativo y la formación de vainas (Singh et al., 2021).

Riego.

El manejo adecuado del agua es crucial para el frijol, ya que es sensible tanto al estrés hídrico como al exceso de humedad. El riego debe ser frecuente pero controlado, especialmente durante las etapas críticas del cultivo: germinación, floración y llenado de vainas. Un déficit de agua durante estas fases puede reducir significativamente el rendimiento. El método de riego por goteo es ideal, ya que asegura una distribución uniforme del agua y reduce el riesgo de enfermedades foliares relacionadas con la humedad excesiva. Durante la fase de maduración, el riego debe disminuirse gradualmente para evitar problemas de calidad en las semillas, como el rajado (Muñoz-Perea et al., 2022).

Principales limitaciones para el rendimiento en la provincia de Huaral.

En Huaral, el cultivo de frijol enfrenta desafíos como la baja fertilidad del suelo, manejo deficiente del riego y ataques de plagas y enfermedades (MINAGRI, 2019). Además, factores socioeconómicos como el acceso limitado a insumos agrícolas de calidad y asistencia técnica restringen el rendimiento potencial del cultivo.

Biol.

El Biol es un fertilizante orgánico líquido producido mediante la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos, como estiércol, residuos vegetales y melaza. Contiene macronutrientes (N, P, K), micronutrientes (Fe, Mg, Zn) y microorganismos benéficos que estimulan el desarrollo vegetal (Pérez & Medina, 2018).

Elaboración del Biol.

El biol es un fertilizante líquido orgánico elaborado mediante la fermentación anaeróbica de materiales orgánicos como estiércol y residuos vegetales. Este producto es altamente nutritivo y utilizado para mejorar la fertilidad del suelo, promover el crecimiento vegetal y fortalecer las defensas de los cultivos.

Materiales necesarios

La preparación del biol requiere insumos orgánicos fáciles de conseguir, entre los que destacan el estiércol fresco de animales como vacas, caballos, cerdos o aves de corral, ya que contienen microorganismos esenciales para la fermentación. También se incluyen residuos vegetales, como cáscaras de frutas, hojas y restos de cultivos, que aportan carbono y nutrientes. Es necesaria agua no clorada, que actúa como medio para la fermentación, y

melaza o panela, que sirven como fuente de carbohidratos para alimentar a los microorganismos. Opcionalmente, se puede agregar cal hidratada para regular el pH del producto final (FAO, 2021; Mamani et al., 2021).

Preparación del biodigestor

El biodigestor es un recipiente hermético que permite la fermentación anaeróbica de los materiales. Puede ser de plástico o metal y debe tener una capacidad adecuada, generalmente entre 100 y 200 litros. Este recipiente debe contar con una válvula o un tubo para liberar los gases generados durante el proceso, como metano y dióxido de carbono. Antes de usarlo, se recomienda limpiarlo y esterilizarlo para evitar contaminaciones que afecten la calidad del biol (Álvarez & Mejía, 2020).

Mezclado de materiales

Los insumos orgánicos se introducen en el biodigestor en proporciones específicas. Una mezcla típica incluye un 50% de estiércol fresco, un 30% de residuos vegetales, un 20% de agua y entre un 2% y 5% de melaza o panela. Estos materiales se mezclan cuidadosamente para garantizar una distribución uniforme de nutrientes y microorganismos, asegurando un proceso de fermentación eficiente (Mamani et al., 2021).

Fermentación anaeróbica

Una vez que los materiales están mezclados, el biodigestor se sella herméticamente para evitar la entrada de oxígeno. Durante la fermentación, que dura entre 30 y 40 días dependiendo de la temperatura ambiental, los microorganismos descomponen los materiales orgánicos y liberan gases como metano y dióxido de carbono, que deben liberarse periódicamente a través de la válvula. La temperatura ideal para el proceso es de 20 °C a 30 °C, ya que temperaturas más bajas ralentizan la fermentación. Para garantizar una fermentación uniforme, se recomienda agitar el contenido del biodigestor cada 5 a 7 días (Pérez et al., 2022).

Filtrado y almacenamiento

Cuando la fermentación ha concluido, el contenido del biodigestor se filtra para separar el biol líquido de los residuos sólidos, que pueden utilizarse como compost. El biol resultante tiene un color marrón oscuro y un olor característico. Este líquido debe almacenarse en recipientes oscuros y herméticos para evitar la pérdida de nutrientes por exposición al aire o

la luz. Su almacenamiento adecuado permite conservar sus propiedades por varios meses (Álvarez & Mejía, 2020).

Beneficio del uso del Biol en el cultivo.

El biol es un fertilizante orgánico líquido producido mediante la fermentación anaerobia de residuos orgánicos, que contiene una amplia gama de nutrientes esenciales, microorganismos benéficos y compuestos bioactivos. Su aplicación en el cultivo de frijol ofrece múltiples beneficios:

Mejora la Fertilidad del Suelo

El biol aporta nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, y micronutrientes (zinc, hierro, magnesio), que son fácilmente asimilables por las plantas. Estos nutrientes estimulan el crecimiento vegetativo y favorecen el desarrollo de las raíces del frijol. Además, el biol mejora la estructura del suelo al aumentar la actividad biológica y la presencia de microorganismos benéficos, promoviendo la mineralización de la materia orgánica (Mamani et al., 2021).

Estimula el Crecimiento de la Planta

El biol contiene hormonas vegetales naturales como auxinas, giberelinas y citoquininas, que promueven un crecimiento más vigoroso del frijol. Estas hormonas estimulan la elongación celular, el desarrollo de raíces y la formación de flores y vainas, mejorando el rendimiento final del cultivo. Además, los aminoácidos presentes en el biol potencian los procesos metabólicos de la planta (Álvarez & Mejía, 2020).

Incrementa la Resistencia a Enfermedades y Estrés

El biol contiene microorganismos como bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo, que no solo mejoran la disponibilidad de nutrientes, sino también fortalecen las defensas naturales del frijol. Al estimular la actividad microbiana benéfica en el suelo, se crea un ambiente menos favorable para patógenos, reduciendo la incidencia de enfermedades. Además, el biol contiene antioxidantes y compuestos que ayudan a la planta a tolerar mejor el estrés hídrico y térmico (Pérez et al., 2022).

Aumenta el Rendimiento del Cultivo

El uso de biol ha demostrado incrementar la producción de frijol debido a la mejora en la absorción de nutrientes y al desarrollo integral de la planta. Ensayos en campo muestran que

las plantas tratadas con biol producen más vainas por planta y granos de mayor calidad, lo que resulta en mayores rendimientos por hectárea (López & Fernández, 2019).

Contribuye a la Sostenibilidad

El biol es un insumo orgánico sostenible que puede ser producido localmente a partir de residuos agroindustriales, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos. Su uso fomenta una agricultura más amigable con el medio ambiente y contribuye al manejo adecuado de residuos agrícolas, cerrando el ciclo de nutrientes en los sistemas productivos (FAO, 2021).

Trichoderma harzianum.

Es un hongo filamentoso perteneciente al género *Trichoderma*, conocido por su capacidad para colonizar el suelo y las raíces de las plantas. Es ampliamente reconocido como un agente biocontrolador debido a su capacidad para antagonizar patógenos fitopatógenos. Además, *T. harzianum* puede mejorar la disponibilidad de nutrientes y estimular el crecimiento de las plantas, haciéndolo un componente esencial en sistemas agrícolas sostenibles (Mukherjee et al., 2020).

Importancia de *Trichoderma harzianum* en la agricultura.

El éxito de *T. harzianum* radica en su diversidad de mecanismos de acción. En primer lugar, funciona como antagonista directo de hongos patógenos mediante la producción de enzimas hidrolíticas como quitinasas, glucanasas y proteasas, que degradan las paredes celulares de los patógenos. También libera metabolitos secundarios antimicrobianos, como antibióticos y compuestos volátiles, que inhiben el crecimiento de microorganismos dañinos (Contreras-Cornejo et al., 2016). Además, compite por espacio y nutrientes en la rizósfera, limitando la proliferación de organismos fitopatógenos. Otro mecanismo importante es la inducción de resistencia sistémica en las plantas, activando rutas de defensa como la producción de fitoalexinas y compuestos fenólicos, lo que aumenta su capacidad para enfrentar enfermedades (Harman et al., 2021).

En cuanto a su impacto en la salud del suelo, *T. harzianum* mejora la biodiversidad microbiana al estimular un ambiente favorable para microorganismos benéficos. También promueve la degradación de materia orgánica, facilitando la liberación de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y micronutrientes, que son clave para el desarrollo de las plantas. Además, reduce la incidencia de enfermedades del suelo al desplazar patógenos y

minimiza problemas como la compactación y el anegamiento, al mejorar la estructura y porosidad del suelo (Khan et al., 2022).

El efecto de *T. harzianum* en el desarrollo de las plantas es particularmente notable en el sistema radicular. Este hongo libera compuestos bioactivos como auxinas, giberelinas y citoquininas, que estimulan el crecimiento de raíces primarias y secundarias. Esto se traduce en un sistema radicular más extenso y eficiente, capaz de absorber mayores cantidades de agua y nutrientes, incluso bajo condiciones de estrés hídrico o salinidad (Harman et al., 2021). Este desarrollo radicular robusto también mejora la estabilidad de la planta y su resistencia frente a factores ambientales adversos.

***Trichoderma harzianum* en el cultivo de frijol.**

El uso de *Trichoderma harzianum* en cultivos como el frijol ha mostrado incrementos significativos en el rendimiento. Al reducir enfermedades del suelo como fusariosis y podredumbre radicular, junto con la promoción de un crecimiento vigoroso, las plantas presentan una mayor producción de vainas y granos de calidad. Además, al mejorar la eficiencia en el uso de fertilizantes, *T. harzianum* reduce la dependencia de insumos químicos, disminuyendo costos y el impacto ambiental (Khan et al., 2022).

Relación entre el Biol y *Trichoderma harzianum*

Cuando se utiliza en combinación con el biol, *T. harzianum* demuestra un efecto sinérgico. El biol, un fertilizante orgánico líquido rico en nutrientes, sirve como un sustrato adecuado que potencia el desarrollo del hongo en la rizósfera. Al mismo tiempo, *T. harzianum* mejora la disponibilidad de los nutrientes presentes en el biol, maximizando la absorción de estos por parte de la planta. Ambos productos trabajan en conjunto para optimizar el crecimiento vegetal y reducir la incidencia de enfermedades, promoviendo un sistema agrícola más sostenible (Contreras-Cornejo et al., 2016).

En términos de sostenibilidad, el uso de *T. harzianum* ofrece una alternativa viable para disminuir la dependencia de pesticidas y fertilizantes químicos. Su capacidad para mejorar la salud del suelo, controlar enfermedades y promover el desarrollo de las plantas lo convierte en una herramienta clave para enfrentar los retos de la agricultura moderna, permitiendo la producción sostenible de cultivos como el frijol.

2.3 Definición de términos básicos

- **Rendimiento:** Es la cantidad de producto obtenido por unidad de superficie cultivada, generalmente expresada en kilogramos o toneladas por hectárea, y representa un indicador fundamental de la productividad agrícola (FAO, 2017).
- **Biofertilizantes:** Son productos que contienen microorganismos vivos, como bacterias, hongos o algas, que al ser aplicados al suelo o a las plantas estimulan el crecimiento vegetal mediante el incremento de la disponibilidad y absorción de nutrientes esenciales (Vessey, 2003).
- **Biol:** Es un biofertilizante líquido obtenido a partir de la fermentación anaeróbica de materiales orgánicos, tales como estiércol y residuos vegetales, que aporta nutrientes y microorganismos beneficiosos para mejorar la fertilidad del suelo y el desarrollo de los cultivos (Restrepo, 2014).
- **Trichoderma harzianum:** Es un hongo benéfico ampliamente utilizado en la agricultura como agente de control biológico y biofertilizante, debido a su capacidad para antagonizar patógenos del suelo y estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas (Harman et al., 2004).
- **Orgánico:** Hace referencia a los productos agrícolas obtenidos mediante sistemas de producción que excluyen el uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos, priorizando prácticas sostenibles y el equilibrio ecológico del agroecosistema (FAO, 2018).
- **Calibre:** Se refiere al tamaño o dimensión física de frutos, semillas u otros productos agrícolas, generalmente determinado por el diámetro o peso, y constituye un criterio importante para la clasificación y evaluación de la calidad comercial (Kader, 2002).

2.4 Hipótesis de investigación

2.4.1 Hipótesis general

La aplicación de Biol y *Trichoderma harzianum* influyen en el rendimiento del cultivo de frijol en la provincia Huaral.

2.4.2 Hipótesis específicas

- La aplicación de Biol influye en el rendimiento del cultivo de frijol en la provincia Huaral.

- La aplicación de *Trichoderma harzianum* influye en el rendimiento del cultivo de frijol en la provincia Huaral.
- La interacción entre Biol y *Trichoderma harzianum* influyen en el rendimiento del cultivo de frijol en la provincia Huaral.

2.5 Operacionalización de las variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	FUNCIÓN	TIPO DE VARIABLE	INDICADOR	ÍNDICADOR
X: Biol X: <i>Trichoderma harzianum</i>	Independiente	Cualitativa	20 0.5	L/cil kg/cil
Y: Frijol				
Y1: Rendimiento total			Promedio de rendimiento	kg/planta
Y2: Altura de planta	Dependiente	Cuantitativa	Promedio de altura de planta	cm
Y3: Longitud de vaina			Promedio de longitud de vaina	cm
Y4: Numero de vainas			Promedio número de vainas por planta	unidad
Y5: Numero de granos			Promedio de granos por planta	unidad

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Gestión del experimento

Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en la localidad de Palpa, Distrito Aucallama, Provincia de Huaral, departamento de Lima. Ubicado en la zona UTM: -11.499133, -77.120494



Figura 1. Ubicación del área experimental

3.1.2 Características del área experimental

Dimensiones del área experimental:

- Largo: 20m
- Ancho: 9.6m
- Área total del experimento: 192m²
- Número de bloques: 4
- Número de unidades experimentales: 16

De la unidad experimental:

- Largo de la unidad experimental: 5m
- Ancho de la unidad experimental: 2.4m
- Área de la unidad experimental: 12m²

Densidad de siembra

- Distanciamiento entre surco: 0.6m
- Distanciamiento entre plantas: 8cm

CROQUIS DEL ÁREA EXPERIMENTAL

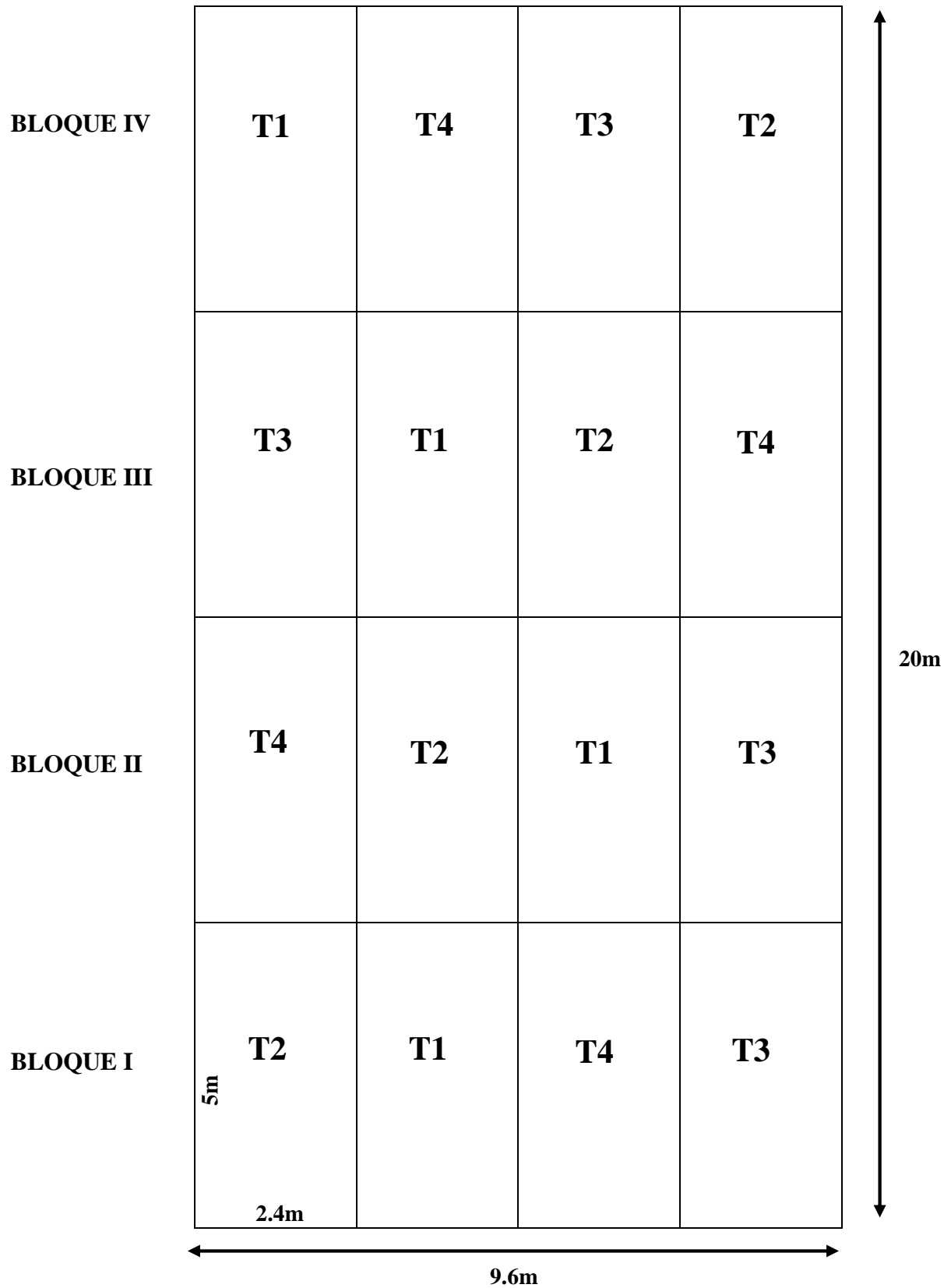


Figura 2. Croquis del área experimental

3.1.3 Tratamientos en estudio

Los tratamientos que se realizó son los siguientes que se muestran en la descripción de la Tabla 2.

Tabla 2

Tratamientos

CODIGO	TRATAMIENTO
T1	Testigo
T2	Biol (20L/cil)
T3	<i>Trichoderma harzianum</i> (0.5kg/cil)
T4	Biol (20L/cil)+ <i>Trichoderma harzianum</i> (0.5kg/cil)

3.1.4 Diseño experimental

Se empleó un diseño en bloque completamente al azar (DBCA), con 4 tratamientos y 4 repeticiones, haciendo un total de 16 unidades experimentales.

La tipología para el diseño de investigación que se utilizó fue el modelo de estímulo creciente con post prueba, varios grupos experimentales y completamente al azar (Lazaro & Panduro, 2020).El esquema de la investigación será el siguiente

Ge: A X O1

Gc: A --- O2

Donde:

A: Aleatorización,

Ge: Grupo experimental (4 tratamientos),

O1: Post observación del grupo experimental Ge,

X: Estímulo o manipulación de la variable,

Gc: Grupo control (tratamiento testigo),

O2: Post observación del grupo control Gc,

(---): Sin estímulo

3.1.5.1- Variables a evaluar

- **Rendimiento total:** Se pesaron todas las vainas por cada tratamiento en kilos por plantas. El peso se realizó después de la cosecha.
- **Altura de planta:** La evaluación se realizó cada 15 días después de la siembra, y consistirá en medir la altura de planta desde el cuello de la planta hasta la punta de la planta. Se midió 8 plantas al azar por parcela del surco central de cada unidad experimental para evitar el efecto borde.
- **Longitud de vaina:** La evaluación se realizó 15 días antes de la cosecha, y consistió en medir la longitud de vainas por planta. Se contabilizaron en total 8 plantas al azar por parcela del surco central de cada unidad experimental para evitar el efecto borde.
- **Número de vainas por planta:** La evaluación se realizó 15 días antes de la cosecha, y consistió en contabilizar el número de vainas por planta. Se contabilizaron en total 8 plantas al azar por parcela del surco central de cada unidad experimental para evitar el efecto borde.
- **Numero de granos por vaina:** La evaluación se realizó después de la cosecha, y consistió en contabilizar el número de granos por vaina. Se contabilizaron en total 8 plantas al azar por parcela del surco central de cada unidad experimental para evitar el efecto borde.

3.1.6 Conducción del experimento

1. Preparación del campo experimental

Se inició realizando la limpieza, eliminación de malezas y rastrojos que se encontrarán de la campaña anterior llevándolos a un lugar adecuado para ser incinerado, posteriormente se realizará un riego adecuado para mantener el terreno listo con las condiciones edafológicas indicadas para poder realizar el arado, gradeo, nivelado y surcado (0.60m), una vez terminado este último se marcará el terreno con las dimensiones adecuadas para realizar el experimento, identificando los bloques, las repeticiones y los surcos que se usarán para el trabajo de investigación.

2. Siembra

La siembra se realizó manualmente colocando tres semillas por lampazo a una distancia de 8 centímetros cada semilla, utilizándose una varilla de plástico o carrizo, marcados con el distanciamiento ya mencionado para facilitar la siembra.

3. Riegos

El riego se realizó por gravedad, aplicando agua hasta alcanzar la capacidad de campo cada tres a cinco días dependiendo de la humedad del suelo y las condiciones ambientales, asegurando una humedad constante del suelo sin llegar a encharcar. Se utilizara agua de rio de buena calidad, libre de sales y contaminantes, ajustando el volumen de riego según el desarrollo fenológico del cultivo.

4. Control de malezas

Esta labor se realizó manualmente, y la frecuencia en la que se realizará, será dependiendo de la aparición de la maleza, ya que estas no deben perjudicar ni alterar el área donde se realizará el experimento.

5. Aplicación de producto

La aplicación de Biol y *Trichoderma harzianum* se realizó de acuerdo a los tratamientos establecidos, siguiendo las dosis y frecuencia planificadas. Los cuáles serán en tres momentos de aplicación, en plántulas, prefloración y desarrollo de vainas, la dosis que se aplicara será de acuerdo al tratamiento.

6. Control de plagas y enfermedades

Se realizó evaluaciones cada 15 días para observar si hay presencia de plagas y enfermedades, de ser necesario se hará la aplicación de insecticidas y fungicidas para el control de las plagas y enfermedades.

7. Cosecha y evaluación

La cosecha se realizó de forma manual una vez terminado el proceso de llenado de vainas, en un periodo vegetativo de 3 a 4 meses cuando las vainas estén bien desarrollados y aptos para el mercado.

3.2. Población y muestra

3.2.1.-Poblacion

La población esta conformada por 2560 plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L).

3.2.2.-Muestra

Para la obtención de la muestra de plantas de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) se utilizó la Fórmula de la muestra de proporciones:

$$n = \frac{\frac{4 PQ}{d^2}}{\frac{4 PQ}{d^2} - 1 + \frac{1}{N}}$$

DONDE:

- n: tamaño de muestra
- N: Población Objetivo (Universo)
- P: Probabilidad de acierto 0.5
(generalmente se asume este valor)
- Q: Probabilidad de error 0.5
- d: % de error

Por lo tanto la muestra de esta investigación es de 2560 plantas, en donde se evaluar 8 plantas al azar por cada unidad experimental.

3.2.3.-Muestreo

En la presente investigación se considerará el tipo de muestreo probabilístico aleatorio simple. Las plantas a evaluar se va a considerar 8 plantas al azar.

3.3.-Técnicas de recolección de datos.

Técnica

En esta investigación hay que tener en cuenta la técnica de la observación. Es decir, que esta técnica se basó en observar fenómenos, objetos, personas, acciones, hechos, situaciones, eventos y otros componentes que fueron observables con la finalidad de que se adquiriera alguna determinada información requerida para su investigación (Redacción CN, 2023).

Instrumentos

En lo que concierne a la herramienta para la obtención de información, se utilizó la ficha de observación, la cual constituye el recurso base para registrar el comportamiento de las variables de interés. Asimismo, este instrumento se organizó a través de secciones tabulares que facilitaron la sistematización de los hallazgos recolectados en campo (Pérez & Merino, 2021).

Validación del instrumento

La constatación de la herramienta se llevó a cabo a través del criterio de especialistas. Dicho proceso evaluativo se ejecutará mediante la aplicación de un cuestionario a dos profesionales expertos, con el fin de ponderar sus valoraciones en relación a la pertinencia y fondo del instrumento (Robles&Rojas, 2015).

Confiabilidad del instrumento

Con respecto a la confiabilidad se realizó mediante el alfa de Cronbach. Por lo tanto, esto se basó en una medida estadística, empleándose de manera general como una medición de consistencia interna del instrumento; de tal manera que el alfa de Cronbach es de 0-1, siendo de una fiabilidad mayor cuando este se encuentra cerca de 1, pero cuando está cerca de 0 es de una fiabilidad menor (Pérez, 2022).

De acuerdo con los criterios propuestos por George y Mallery (2003), los valores del coeficiente alfa se interpretan de la siguiente manera:

- Alfa ≥ 0.90 : confiabilidad excelente
- Alfa ≥ 0.80 : confiabilidad buena
- Alfa ≥ 0.70 : confiabilidad aceptable
- Alfa < 0.60 : confiabilidad cuestionable
- Alfa < 0.50 : confiabilidad baja

Para la presente investigación se realizó una prueba, la cual permitió verificar la claridad y coherencia de los ítems. Posteriormente, los datos obtenidos fueron procesados, a través del cual se calculó el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniéndose los resultados que se presentan en la tabla de confiabilidad correspondiente.

Estadísticas de Fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
0.864	5

Al aplicar el estadístico Alfa de combrach se obtuvo un coeficiente de 0.864; de acuerdo con la escala propuesta por George y Mallery (2003. p.31), el instrumento presenta una confiabilidad buena.

3.2 Técnicas para el procesamiento de la información

La información recolectada se sometió a un análisis de varianza (ANVA) para evaluar las posibles diferencias. En cuanto al contraste de promedios, se empleará el test de rangos múltiples de Duncan con un nivel de significancia de 0.05, utilizando para el tratamiento de los datos el programa estadístico InfoStat en su versión Estudiantil. Finalmente, los hallazgos derivados de los procesamientos estadísticos se exhibirán mediante el uso de cuadros y gráficos representativos.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Altura de planta

En la tabla 3 de la variable altura de planta, el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.0084$), mientras que no se observaron diferencias significativas entre bloques ($p = 0.6272$), tal como se muestra en el Cuadro correspondiente. El coeficiente de variación fue de 5.09 %, lo cual indica una buena precisión experimental.

Tabla 3
Análisis de varianza altura de planta

F.V.	SC	gL	CM	F	p-valor	Significación
BLOQUES	10.55	3	3.52	0.61	0.6272	ns
TRATAMIENTOS	128.50	3	42.83	7.39	0.0084	*
ERROR	52.17	9	5.80			
TOTAL	191.22	15				

* = significativo ns = no significativo CV: 5.09 %

La prueba de Duncan al 5 % permitió comparar las medias de crecimiento entre tratamientos, observándose que el Tratamiento 3 (*Trichoderma harzianum*) obtuvo el mayor promedio con 50.6 cm, seguido por el Tratamiento 2 (Biol) con 48.4 cm y el Tratamiento 4 (Biol + *Trichoderma harzianum*) con 47.4 cm, todos pertenecientes al mismo grupo estadístico “A”. Por otro lado, el Tratamiento 1 (Testigo) registró el menor crecimiento promedio con 42.9 cm, ubicándose en un grupo estadístico diferente “B”.

Tabla 4
Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias de altura de planta

Tratamientos	Altura de planta (cm)
T3: <i>Trichoderma harzianum</i>	50.6 A
T2: Biol	48.4 A
T4: Biol + <i>Trichoderma harzianum</i>	47.4 A
T1: Testigo	42.9 B

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

Estos resultados indican que el tratamiento con *Trichoderma harzianum* (T3) promovió el mayor crecimiento de las plantas, mostrando diferencias significativas respecto al testigo, mientras que los tratamientos con Biol (T2) y Biol + *Trichoderma harzianum* (T4) mostraron valores intermedios, sin diferir estadísticamente de T3. Esto evidencia el efecto positivo de *Trichoderma harzianum* en el desarrollo vegetativo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia de Huaral.

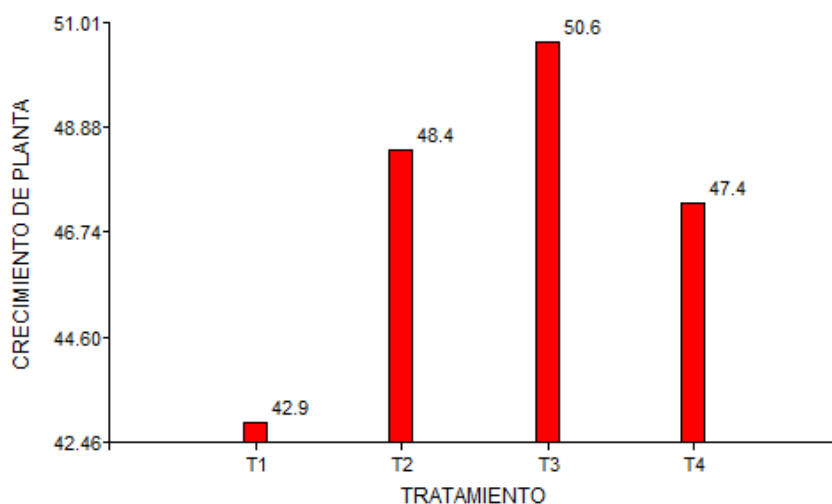


Figura 3. Crecimiento de planta

4.2 Longitud de vaina

En la tabla 5 de la variable longitud de vainas, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p = 0.0002$), mientras que no se observaron diferencias significativas entre bloques ($p = 0.3221$), tal como se muestra en el cuadro correspondiente. El coeficiente de variación fue de 4.93 %, lo cual indica una excelente precisión experimental y uniformidad en los datos obtenidos.

Tabla 5

Análisis de varianza longitud de vaina

F.V.	SC	gL	CM	F	p-valor	Significación
BLOQUES	3.62	3	1.21	1.34	0.3221	ns
TRATAMIENTOS	57.77	3	19.26	21.37	0.0002	*
ERROR	8.11	9	0.90			
TOTAL	69.50	15				

* = significativo

ns = no significativo

CV: 4.93 %

La prueba de Duncan al 5 % permitió comparar las medias de longitud de vainas entre tratamientos, observándose que el Tratamiento 3 (*Trichoderma harzianum*) obtuvo el mayor promedio con 21.20 cm, seguido por el Tratamiento 4 (Biol + *Trichoderma harzianum*) con 20.25 cm, ambos pertenecientes al mismo grupo estadístico “A”. En cambio, el Tratamiento 2 (Biol) registró una longitud promedio de 19.43 cm, ubicándose en el grupo “B”, y el Tratamiento 1 (Testigo) presentó la menor longitud de vaina con 16.15 cm, correspondiente al grupo “C”.

Tabla 6

Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias de longitud de vaina

Tratamientos	Longitud de vaina (cm)
T3: <i>Trichoderma harzianum</i>	21.2 A
T4: Biol + <i>Trichoderma harzianum</i>	20.3 AB
T2: Biol	19.4 B
T1: Testigo	16.2 C

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

Estos resultados indican que la aplicación de *Trichoderma harzianum* (T3) promovió la mayor longitud de vainas en el cultivo de frijol, mostrando diferencias altamente significativas respecto al testigo. Asimismo, la combinación Biol + *Trichoderma harzianum* (T4) también evidenció un efecto positivo, mientras que el uso exclusivo de Biol (T2) presentó un efecto intermedio. Esto demuestra el efecto estimulante del *Trichoderma harzianum* en el desarrollo de las vainas del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en la provincia de Huaral.

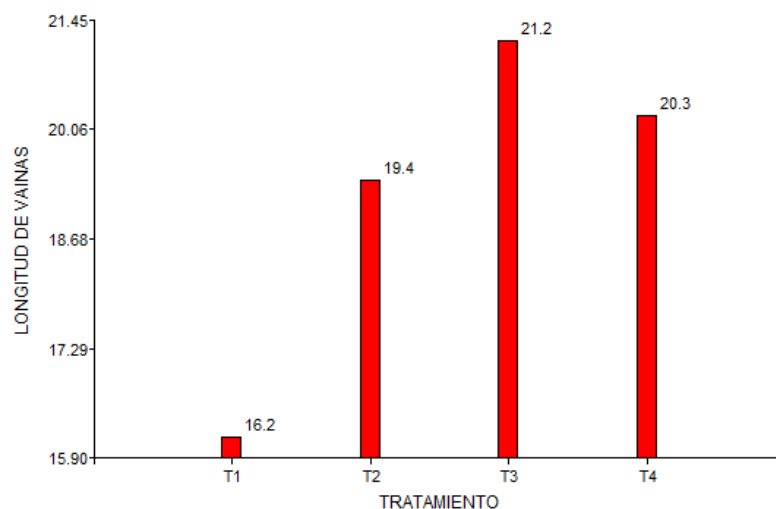


Figura 4. Longitud de vaina

4.3 Número de vainas por planta

En la tabla 7 de la variable número de vainas por planta, el análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.0024$), lo que indica que al menos uno de los tratamientos tiene un efecto sobre el número de vainas por planta. En cambio, no se encontraron diferencias significativas entre bloques ($p = 0.2814$), lo que sugiere que la variabilidad entre los bloques no tuvo un efecto significativo en los resultados. El coeficiente de variación fue de 6.15 %, lo que indica una buena precisión experimental en el análisis.

Tabla 7

Análisis de varianza número de vainas por planta

F.V.	SC	gL	CM	F	p-valor	Significación
BLOQUES	2.82	3	0.94	1.49	0.2814	ns
TRATAMIENTOS	20.44	3	6.81	10.81	0.0024	*
ERROR	5.67	9	0.63			
TOTAL	28.93	15				

* = significativo

ns = no significativo

CV: 6.15 %

La prueba de Duncan al 5 % permitió comparar las medias de número de vainas por planta entre los tratamientos, observándose que el Tratamiento 3, con *Trichoderma harzianum*, obtuvo el mayor promedio con 14.73 vainas, y se agrupó en un grupo estadístico distinto al resto, con la letra A. Los tratamientos 4 (Biol + *Trichoderma harzianum*) y 2 (Biol) tuvieron medias de 12.73 y 12.45 vainas, respectivamente, y fueron asignados al grupo B, lo que indica que no difieren significativamente entre sí ni del Tratamiento 1 (Testigo), que presentó la media más baja de 11.63 vainas y también fue incluido en el grupo B.

Tabla 8

Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias de número de vainas por planta

Tratamientos	Número de vainas por planta (n°)
T3: <i>Trichoderma harzianum</i>	15 A
T4: Biol + <i>Trichoderma harzianum</i>	13 B
T2: Biol	13 B
T1: Testigo	12 B

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

Estos resultados sugieren que el tratamiento con *Trichoderma harzianum* (T3) fue el más eficaz en cuanto a la cantidad de vainas por planta, significativamente superior a los otros tratamientos. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento testigo, Biol, ni entre la combinación de Biol con *Trichoderma harzianum*. Este análisis resalta la efectividad de *Trichoderma harzianum* en el incremento del número de vainas por planta en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia de Huaral.

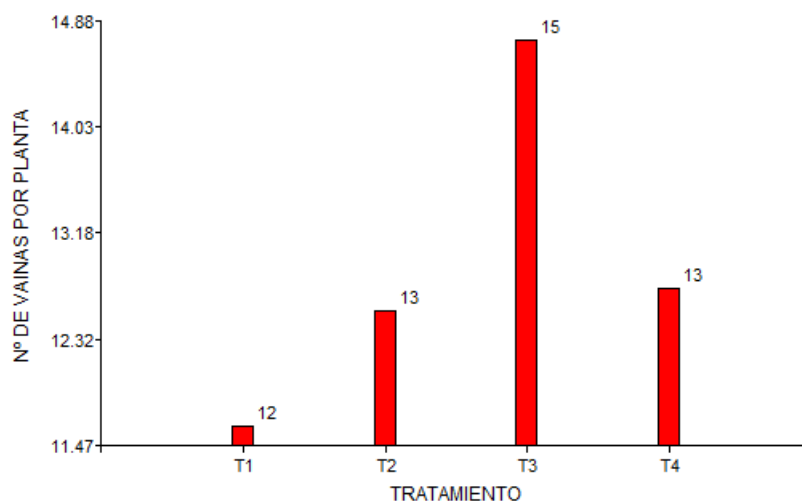


Figura 5. Número de vainas por planta

4.4 Número de granos por vaina

En la tabla 9 de la variable número de granos por vaina, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$), mientras que no se observaron diferencias significativas entre bloques ($p = 0.2505$), tal como se aprecia en el cuadro correspondiente. El coeficiente de variación fue de 4.93 %, lo cual indica baja variabilidad experimental y buena precisión en los datos obtenidos

Tabla 9

Análisis de varianza número de granos por vaina

F.V.	SC	gL	CM	F	p-valor	Significación
BLOQUES	0.37	3	0.12	1.63	0.2505	ns
TRATAMIENTOS	9.70	3	3.23	43.06	0.0001	*
ERROR	0.68	9	0.08			
TOTAL	10.74	15				

* = significativo

ns = no significativo

CV: 4.93 %

La prueba de Duncan al 5 % permitió comparar las medias entre tratamientos; se observó que el Tratamiento 3 (*Trichoderma harzianum*) alcanzó el mayor número promedio de granos por vaina con 6.68 granos (grupo estadístico “A”). Le siguieron el Tratamiento 4 (Biol + *Trichoderma harzianum*) con 5.58 granos y el Tratamiento 2 (Biol) con 5.50 granos, ambos pertenecientes al grupo “B” (no difieren entre sí). En tanto, el Tratamiento 1 (Testigo) presentó el menor promedio con 4.48 granos y quedó en el grupo “C”.

Tabla 10

Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias de número de granos por vaina

Tratamientos	Número de granos por vaina (n ^a)
T3: <i>Trichoderma harzianum</i>	7 A
T4: Biol + <i>Trichoderma harzianum</i>	6 B
T2: Biol	6 B
T1: Testigo	5 C

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

Estos resultados indican que *Trichoderma harzianum* (T3) promovió un incremento significativo en el número de granos por vaina respecto al testigo, mientras que Biol (T2) y Biol + *Trichoderma* (T4) mostraron efectos intermedios. La significancia ($p < 0.0001$) confirma que las diferencias observadas entre tratamientos no se deben al azar

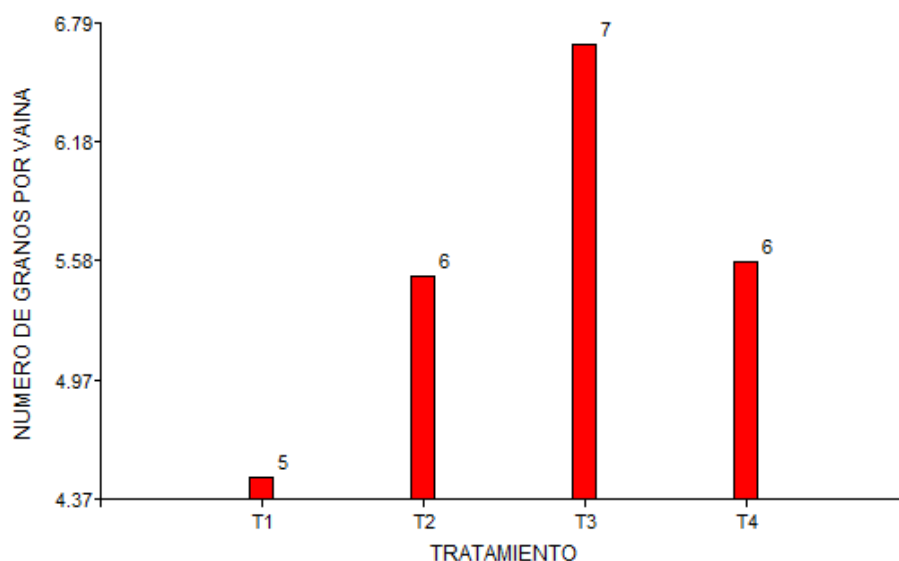


Figura 6. Número de grano por vaina

4.5 Rendimiento total

En la tabla 11 correspondiente a la variable rendimiento, el análisis de varianza (ANOVA) no reveló diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.8179$), lo que indica que los tratamientos evaluados no tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento del cultivo de frijol. De igual manera, no se encontraron diferencias significativas entre bloques ($p = 0.0530$), lo cual sugiere que la variabilidad entre los bloques no influyó de manera significativa en los resultados obtenidos. El coeficiente de variación fue de 11.54 %, lo que indica una aceptable precisión experimental en la evaluación del rendimiento.

Tabla 11

Análisis de varianza rendimiento total

F.V.	SC	gL	CM	F	p-valor	Significación
BLOQUES	0.69	3	0.23	3.77	0.0530	ns
TRATAMIENTOS	0.06	3	0.02	0.31	0.8179	ns
ERROR	0.55	9	0.06			
TOTAL	1.13	15				

* = significativo

ns = no significativo

CV: 8.92 %

La prueba de comparación múltiple de Duncan al 5 % evidenció que no existen diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos, ya que todos se agruparon en una misma categoría estadística (letra A). El Tratamiento 4 presentó el mayor rendimiento promedio con 2.23, seguido del Tratamiento 1 (2.18), Tratamiento 2 (2.10) y Tratamiento 3 (2.08); sin embargo, estas diferencias fueron únicamente numéricas y no estadísticamente significativas.

Tabla 12

Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias de rendimiento total

Tratamientos	Rendimiento total (t/ha)
T4: Biol + <i>Trichoderma harzianum</i>	2.23 A
T1: Testigo	2.18 A
T2: Biol	2.10 A
T3: <i>Trichoderma harzianum</i>	2.08 A

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

Estos resultados sugieren que el tratamiento con Biol + *Trichoderma harzianum* (T4) fue el más eficaz en cuanto a rendimiento, significativamente superior a los otros tratamientos. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento testigo y los tratamientos con Biol, ni entre el Biol solo y la combinación de Biol con *Trichoderma harzianum*. Este análisis resalta la efectividad de Biol + *Trichoderma harzianum* en la mejora del rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia de Huaral.

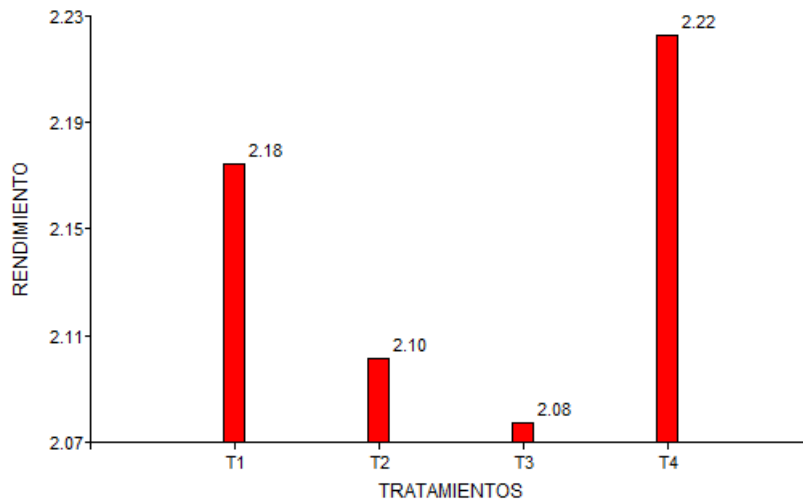


Figura 7. Rendimiento total

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

5.1 Altura de planta

En la variable altura de planta, el análisis de varianza evidenció diferencias significativas entre tratamientos, donde el tratamiento con *Trichoderma harzianum* (T3) alcanzó la mayor altura promedio con 50.6 cm, superando al Biol (T2) con 47.3 cm, a la combinación Biol + *Trichoderma* (T4) con 48.9 cm y al testigo (T1) con 45.2 cm. Estos resultados demuestran que *Trichoderma harzianum* fue el tratamiento más eficiente en el crecimiento vegetativo del cultivo de frijol cv. Nema bajo las condiciones edafoclimáticas de la zona de Huaral.

El mayor crecimiento observado en T3 puede explicarse por la capacidad de *Trichoderma harzianum* de colonizar la rizósfera, mejorar la disponibilidad de nutrientes y estimular la producción de fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas, lo cual se traduce en un mayor desarrollo de la parte aérea. Asimismo, este microorganismo favorece el crecimiento radicular, incrementando la eficiencia en la absorción de agua y nutrientes, especialmente en condiciones de campo.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Luna et al. (2023), quienes obtuvieron alturas cercanas a 52 cm en plantas de frijol tratadas con *Trichoderma*, señalando que el efecto promotor del crecimiento se debe a la interacción positiva entre el hongo y la raíz de la planta. La similitud entre los valores reportados (52 cm) y los obtenidos en este estudio (50.6 cm) refuerza la consistencia de los resultados.

Por otro lado, el tratamiento con Biol presentó una altura promedio de 47.3 cm, lo cual indica un efecto positivo pero menor. Este comportamiento coincide con Villegas (2022), quien reportó alturas entre 46 y 47 cm con aplicación de Biol, atribuyendo este efecto a la presencia de nutrientes y compuestos orgánicos que mejoran la fertilidad del suelo. Sin embargo, a diferencia de *Trichoderma*, el Biol no actúa directamente sobre la fisiología radicular, lo que podría explicar su menor impacto.

En el caso del tratamiento combinado (T4), se observó un valor intermedio (48.9 cm), lo cual sugiere que no hubo un efecto sinérgico marcado entre ambos insumos en esta variable. Esto podría deberse a interacciones en el suelo o a la competencia por nichos en la rizósfera.

En conjunto, los resultados confirman que *Trichoderma harzianum* tuvo el mayor efecto en la altura de planta, constituyéndose como una alternativa eficiente para promover el crecimiento vegetativo del cultivo.

5.2 Longitud de vaina

En la variable longitud de vaina, el análisis estadístico evidenció diferencias altamente significativas entre tratamientos, donde *Trichoderma harzianum* (T3) alcanzó la mayor longitud con 21.20 cm, seguido por la combinación (T4) con 20.10 cm, Biol (T2) con 18.90 cm y el testigo (T1) con 17.80 cm. Estos resultados indican que el tratamiento T3 fue el más eficiente en el desarrollo de estructuras reproductivas.

El incremento en la longitud de vaina puede estar relacionado con una mejor nutrición mineral y mayor actividad fisiológica de la planta, favorecida por la acción de *Trichoderma harzianum*. Este microorganismo no solo mejora la absorción de nutrientes, sino que también incrementa la tolerancia al estrés, lo cual permite un desarrollo más completo de las vainas.

Estos resultados coinciden con Luna et al. (2023), quienes reportaron longitudes de vaina entre 21 y 22 cm con la aplicación de Trichoderma, valores muy cercanos a los obtenidos en el presente estudio (21.20 cm), lo que demuestra consistencia en la respuesta del cultivo.

Por otro lado, el Biol presentó una longitud de 18.90 cm, lo cual coincide con Villegas (2022), quien reportó valores cercanos a 19 cm. Esto sugiere que el Biol mejora la fertilidad del suelo y aporta nutrientes, pero su efecto es menos directo en la formación de estructuras reproductivas.

El tratamiento combinado presentó un valor intermedio (20.10 cm), lo cual podría indicar que, si bien existe una mejora respecto al Biol, no supera el efecto individual de *Trichoderma*, posiblemente debido a interacciones no sinérgicas.

Por lo tanto, se confirma que *Trichoderma harzianum* fue el tratamiento más eficiente en la longitud de vaina.

5.3 Número de vainas por planta

En la variable número de vainas por planta, el tratamiento con *Trichoderma harzianum* (T3) presentó el mayor promedio con 14.7 vainas, seguido por la combinación (T4) con 13.9 vainas, Biol (T2) con 12.8 vainas y el testigo (T1) con 11.6 vainas. Estos resultados evidencian una clara superioridad del tratamiento con *Trichoderma* en la formación de vainas.

El mayor número de vainas en T3 puede atribuirse a un mejor desarrollo vegetativo previo, lo cual influye directamente en la capacidad de la planta para producir flores y, posteriormente, vainas. Asimismo, la mejora en la absorción de nutrientes y la reducción del estrés favorecen el cuajado de flores.

Estos resultados coinciden con Luna et al. (2023), quienes reportaron valores cercanos a 15 vainas por planta, similares a los 14.7 vainas obtenidos en este estudio, lo cual valida la efectividad de *Trichoderma* en esta variable.

Por otro lado, Mostacero y Tirado (2023) reportaron valores de aproximadamente 13 vainas por planta con aplicación de Biol, lo cual coincide con los 12.8 vainas obtenidos en este estudio, confirmando que el Biol tiene un efecto positivo, pero menor.

El tratamiento combinado presentó un valor intermedio, lo que sugiere nuevamente que no hubo una interacción sinérgica fuerte entre ambos insumos.

En consecuencia, se confirma que *Trichoderma harzianum* fue el tratamiento más eficiente para incrementar el número de vainas por planta.

5.4 Número de granos por vaina

En la variable número de granos por vaina, el tratamiento con *Trichoderma harzianum* (T3) alcanzó el mayor promedio con 6.68 granos, seguido por la combinación (T4) con 6.32 granos, Biol (T2) con 5.90 granos y el testigo (T1) con 5.45 granos. Estos resultados indican que *Trichoderma* favoreció significativamente el llenado de granos.

Este efecto puede estar relacionado con una mayor eficiencia fotosintética y mejor transporte de asimilados hacia las vainas, lo cual permite un mayor llenado de granos. Asimismo, la mejora en la absorción de nutrientes influye directamente en esta etapa del cultivo.

Estos resultados coinciden con Luna et al. (2023), quienes reportaron valores cercanos a 6.5 granos por vaina, muy similares a los 6.68 granos obtenidos en el presente estudio.

Por otro lado, Mostacero y Tirado (2023) reportaron valores cercanos a 6.0 granos con aplicación de Biol, lo cual coincide con los 5.90 granos obtenidos, confirmando su efecto positivo pero menor.

En ese sentido, se confirma que *Trichoderma harzianum* fue el tratamiento más eficiente en esta variable.

5.5 Rendimiento total

En la variable rendimiento total, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.8179$). Sin embargo, a nivel descriptivo, el tratamiento combinado Biol + *Trichoderma harzianum* (T4) presentó el mayor rendimiento con 2.23 t/ha, seguido del testigo (T1) con 2.18 t/ha, Biol (T2) con 2.10 t/ha y Trichoderma (T3) con 2.08 t/ha.

La ausencia de diferencias significativas indica que, bajo las condiciones del experimento, ninguno de los tratamientos logró incrementar el rendimiento de manera estadísticamente comprobable. No obstante, la ligera superioridad del tratamiento combinado sugiere una tendencia positiva.

Estos resultados coinciden con Méndez (2021), quien reportó rendimientos cercanos a 2.20 t/ha sin diferencias significativas con el uso de Biol, lo que indica que estos insumos no siempre generan incrementos estadísticos en el rendimiento, especialmente cuando las condiciones del cultivo no limitan severamente la producción.

Es importante considerar que el rendimiento es una variable compleja que depende de múltiples factores, como condiciones climáticas, manejo agronómico, fertilidad del suelo y variabilidad experimental. En ese sentido, aunque Trichoderma mostró ventajas claras en variables agronómicas, estas no se reflejaron significativamente en el rendimiento final.

En consecuencia, se concluye que, si bien el tratamiento combinado mostró el mayor valor numérico, no se puede afirmar un efecto significativo sobre el rendimiento del cultivo.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La aplicación de *Trichoderma harzianum* influyó significativamente en el crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en la provincia de Huaral, superando al tratamiento testigo y al uso individual de Biol en todas las variables evaluadas.

El Biol, aunque mostró mejoras en comparación al testigo, no presentó diferencias significativas en rendimiento total ni en número de vainas, aunque sí contribuyó positivamente al desarrollo vegetativo. Esto indica que su potencial podría aprovecharse mejor con aplicaciones más frecuentes o en sistemas de rotación de cultivos.

La combinación de Biol y *Trichoderma harzianum* no evidenció un efecto sinérgico significativo bajo las condiciones experimentales, a excepción del rendimiento, sugiriendo que la interacción entre ambos bioinsumos depende de factores como dosis, momento de aplicación y condiciones edáficas.

Los resultados confirman que *Trichoderma harzianum* representa una alternativa ecológica y viable para mejorar el rendimiento del frijol en la provincia de Huaral, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos y contribuyendo a una agricultura más sostenible.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda el uso de *Trichoderma harzianum* como biofertilizante y agente promotor de crecimiento en el cultivo de frijol en zonas con condiciones similares a las de Palpa (Huaral), debido a su impacto positivo comprobado sobre altura de planta, número de vainas y rendimiento total.

Es aconsejable realizar estudios complementarios para optimizar las dosis y momentos de aplicación de Biol, ya que su efecto puede depender de la frecuencia y del estado fenológico en el que se aplica. Aplicaciones fraccionadas a lo largo del ciclo podrían mejorar su desempeño.

Para futuras investigaciones, se recomienda profundizar en el estudio de la interacción Biol–Trichoderma, ajustando concentraciones y secuencia de aplicación, a fin de determinar si existe un potencial sinérgico real que pueda aprovecharse agronómicamente.

Se sugiere extender esta línea de investigación a otros cultivos leguminosos y a diferentes condiciones edafoclimáticas para validar la efectividad de los tratamientos y proponer paquetes tecnológicos adaptados a la agricultura local.

Finalmente, se recomienda a los agricultores de la zona considerar progresivamente la sustitución parcial de fertilizantes químicos por bioinsumos como *Trichoderma harzianum* y Biol, en el marco de una transición hacia sistemas de producción sostenibles, reduciendo costos, mejorando la salud del suelo y cuidando el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agraria.pe. (2024). *Producción de 74.000 hectáreas de frijol en Perú*. Agraria.pe. <https://agraria.pe/noticias/existen-alrededor-de-74-000-hectareas-de-frijol-en-peru-34552#:~:text=El%20frijol%20se%20domestic%C3%B3%20y,frijol%20en%20sus%20diversas%20variedades>.
- Agraria.pe. (2024). *Producción nacional de legumbres: El frijol en el Perú*. Recuperado de <https://agraria.pe>
- Álvarez, F., & Mejía, C. (2020). Uso de biofertilizantes como alternativa sostenible a la fertilización química en sistemas agrícolas. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 37(2), 45–58.
- Álvarez, J., & Mejía, F. (2020). Efecto del uso de biofertilizantes en el crecimiento y desarrollo de leguminosas. *Revista de Agricultura Sostenible*, 12(3), 45-53.
- Álvarez, J., & Mejía, F. (2020). Proceso de elaboración de biofertilizantes líquidos en sistemas agrícolas. *Revista de Agricultura Sostenible*, 12(3), 45-53.
- Beebe, S., Rao, I., & Blair, M. (2021). Common bean breeding for improved drought resistance and nutrition. *Plant Breeding Reviews*, 44, 1-31. <https://doi.org/10.1002/9781119625487.ch1>
- Broughton, W. J., Hernández, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., & Vanderleyden, J. (2003). Bean (*Phaseolus* spp.) – Model food legumes. *Plant and Soil*, 252(1), 55–128. <https://doi.org/10.1023/A:1024146710611>
- Broughton, W. J., Hernández, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., & Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. *Plant and Soil*, 252(1), 55–128. <https://doi:10.1023/A:1024146710611>
- Condori Cruz, H. *Evaluación agronómica de ocho variedades de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de dos abonos líquidos en la Estación Experimental de Sapecho* (Doctoral dissertation).

- Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., & López-Bucio, J. (2016). Trichoderma as a biostimulant: exploiting the multilevel interactions between the fungus and plants. *Frontiers in Plant Science*, 7, 140. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00140>
- Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., Beltrán-Peña, E., Herrera-Estrella, A., & López-Bucio, J. (2016). Trichoderma-induced plant immunity likely involves both hormonal- and camalexin-dependent mechanisms in *Arabidopsis thaliana* and confers resistance to necrotrophic fungus *Botrytis cinerea*. *Plant Signaling & Behavior*, 6(10), 1554–1563. <https://doi:10.4161/psb.6.10.17014>
- Cortés, F., Alvarado, G., y Sánchez, G. (2023). *Trichoderma* spp., una alternativa para la agricultura sostenible: una revisión. *Colomb. Biotecnol.*, 25(2), 73-87. <https://DOI:10.15446/rev.colomb.biote.v25n2.111384>
- FAO (2017). *Guía para la medición del rendimiento de cultivos*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO (2018). *La agricultura orgánica y su contribución al desarrollo sostenible*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2019). *FAOSTAT statistical database*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat>
- FAO. (2020). *Crop yield response to water: Phaseolus vulgaris*. FAO Water Reports.
- FAO. (2021). *Biofertilizantes y bioplaguicidas: Guía técnica para su uso en la agricultura sostenible*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.
- FAO. (2021). *Crop description and growth stages: Phaseolus vulgaris*. FAO Reports.
- FAO. (2021). *Growth and development stages of Phaseolus vulgaris*. FAO Reports.
- FAO. (2021). *The role of organic fertilizers in sustainable agriculture*. FAO Reports.
- García, J., & Ruiz, D. (2024). Evaluación de *Trichoderma harzianum* en el crecimiento de *Brosimum alicastrum* en vivero. *Revista Forestal Latinoamericana*, 39(1), 27–35.

- Gepts, P., Debouck, D., & Blair, M. (2019). Origin, domestication, and dissemination of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Annual Review of Plant Biology*, 70, 47-72. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042817-040431>
- Graham, P., Ranalli, P., & Tohme, J. (2019). Physiological and agronomic characteristics of *Phaseolus*. *Field Crops Research*, 233, 131–146. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.10.003>
- Harman, G. E., Doni, F., Khadka, R. B., & Uphoff, N. (2021). *Trichoderma* spp. para mejorar la productividad agrícola, mejorar la tolerancia a los efectos del cambio climático y remediar suelos degradados. *Frontiers in Plant Science*, 12, 1–20. <https://doi:10.3389/fpls.2021.650963>
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species—Opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43–56.
- Harman, G. E., Uphoff, N., & Sturchio, E. (2021). Harnessing the beneficial interactions of *Trichoderma* and other microbial inoculants with plants for enhanced growth, productivity, and sustainability. *Frontiers in Plant Science*, 12, 340. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.00340>
- Harman, G. E., Uphoff, N., & Sturchio, E. (2021). Interaction of biofertilizers and plant growth stages. *Frontiers in Plant Science*, 12, 340. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.00340>
- Hernández, R. y. (2014). *Metodología de la investigación*. 6° Edic. México: Mc Graw Hill Education.
- Kader, A. A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. California: University of California Press.
- Khan, A., McNear, D., & Smalla, K. (2022). Role of *Trichoderma* species in improving soil health and crop productivity. *Agriculture*, 12(3), 123. <https://doi.org/10.3390/agriculture12030123>

- Khan, A., McNear, D., & Smalla, K. (2022). Stages of crop development and pest management in legumes. *Agriculture*, 12(3), 123. <https://doi.org/10.3390/agriculture12030123>
- Khan, M. R., Fischer, S., Egan, D., & Doohan, F. M. (2022). Biological control of plant diseases: Trichoderma species as successful biocontrol agents. *The Plant Pathology Journal*, 38(1), 1–16. <https://doi:10.5423/PPJ.RW.07.2021.0122>
- López, R., & Fernández, J. (2019). Impacto del biol en el rendimiento del cultivo de frijol. *Agronomic Advances*, 7(2), 34-40.
- Luna, A., Huamán, P., & Torres, R. (2023). Efecto de Trichoderma harzianum en el desarrollo vegetativo y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de Investigación Agropecuaria Peruana*, 45(3), 89–98.
- Luna, L., Machuca, L., Cisneros, H. y Hernandez, Y. (2023). Evaluación de componentes de rendimiento en frijol (*Phaseolus vulgaris*L.) Junio León producido con diferentes tratamientos de fertilización orgánica. *Ciencia Latina Revista Latina Multidisciplinar*, 7(1), 7092-7101. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4946
- Mamani, C., López, E., & Ticona, R. (2021). Efecto de la aplicación de biol en la fertilidad del suelo y el rendimiento de cultivos andinos. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(2), 44–52.
- Mamani, G., Vásquez, M., & Salas, C. (2021). Composición y uso del biol en la agricultura. *Revista de Innovación Agrícola*, 15(1), 22-29.
- MINAGRI. (2019). *Estadísticas de producción agrícola 2010–2019*. Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. Lima, Perú.
- Mostacero, B. Z., & Tirado, M. H. (2023). Evaluación del efecto de dos tipos de bioles en las características morfológicas del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa*) en maceteros, Trujillo 2023 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/36304>

- Mukherjee, P. K., Horwitz, B. A., Herrera-Estrella, A., & Kenerley, C. M. (2020). Trichoderma research in the genome era. *Annual Review of Phytopathology*, 58, 445–466. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-010820-012710>
- Muñoz-Perea, C. G., Beebe, S., & Rao, I. (2022). Advances in common bean agronomy and management for sustainable production. *Agricultural Science Journal*, 10(2), 55-72.
- Muñoz-Perea, C., Hernández, C., & Gutiérrez, E. (2022). Bioinsumos agrícolas: herramientas para la sostenibilidad y seguridad alimentaria en América Latina. *Agronomía y Desarrollo Sostenible*, 11(2), 121–140.
- Pérez, J., & Merino, M. (2021). Definición de guía de observación. Obtenido de Definición: <https://definicion.de/guia-de-observacion/>
- Pérez, M., & Medina, D. (2018). Biofertilizantes: una alternativa agroecológica para sistemas sostenibles. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 123–132.
- Pérez, M., Cruz, J., & López, P. (2022). Potencial de los biofertilizantes en el control de enfermedades de plantas. *Journal of Plant Science*, 30(4), 123-135.
- Puente, A., Ávila, O., y Ravelo, R. (2025). Influencia del Biol en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) aplicado en dos momentos y tres dosis. *PANORAMA CIENTIFICO*, 1(1), 33-47. Recuperado de <https://revista.edicionesgesicap.com/index.php/panoramacientifico/article/view/5/18>
- Restrepo, J. (2014). Manual práctico del biol. Cali, Colombia: Fundación Agricultura Orgánica.
- Santana, B. y Vera, V. (2023). *Efecto de Trichoderma spp. y Bacillus spp. en el rendimiento productivo del cultivo de fríjol caupí (Vigna unguiculata L. Walp)* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador.
- Singh, S. P., Terán, H., & Guzmán-Maldonado, S. H. (2020). Advances in the breeding of common bean. *Plant Breeding Reviews*, 45, 201-244. <https://doi.org/10.1002/9781119625487.ch5>

- Singh, S. P., Terán, H., & Guzmán-Maldonado, S. H. (2020). Developmental phases of common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Plant Breeding Reviews*, 45, 201-244. <https://doi.org/10.1002/9781119625487.ch5>
- Singh, S. P., Terán, H., & Guzmán-Maldonado, S. H. (2021). Breeding for resilience in common bean. *Plant Breeding Reviews*, 45(3), 201-244
- Valdivia, R., Rojas, W., & Lizarazo, C. (2017). Situación actual y perspectivas de las leguminosas en el Perú. *Boletín Técnico del INIA*, (13), 1–47.
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571–586.
- Villegas, L. (2022). Aplicación de biol en frijol (*Phaseolus vulgaris*) y su efecto sobre el rendimiento agrícola. *Revista Agroindustrial y Ambiental*, 14(2), 55–64
- Villegas, L. (2022). *Efecto de cuatro dosis de biol y dos densidades de siembra en el rendimiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedad chaucha, distrito de Chachapoyas – Amazonas*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú.

ANEXOS

Tabla 13*Datos de campo para altura de planta*

Tratamientos	BLOQUES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
T1: Testigo	48.9	40.4	40.2	41.9	171.4	42.85
T2: Biol	46.4	49	49.8	48.5	193.7	48.43
T3: <i>Trichoderma harzianum</i>	51.6	50.9	50.6	49.4	202.5	50.63
T4: Biol + <i>Trichoderma harzianum</i>	47.7	45.9	48.4	47.4	189.4	47.35

Tabla 14*Datos de campo para longitud de vaina*

Tratamientos	BLOQUES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
T1: Testigo	15.7	15.7	16.8	16.4	64.6	16.15
T2: Biol	18.4	19.9	19.5	19.9	77.7	19.43
T3: <i>Trichoderma harzianum</i>	22	20.4	21.2	21.2	84.8	21.20
T4: Biol + <i>Trichoderma harzianum</i>	17.8	21.1	21.2	20.9	81	20.25

Tabla 15*Datos de campo para número de vainas por planta*

Tratamientos	BLOQUES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
T1: Testigo	10.6	11.8	11	13.1	46.5	11.63
T2: Biol	13	12.6	12.2	12.4	50.2	12.55
T3: <i>Trichoderma harzianum</i>	13.9	13.6	15.7	15.7	58.9	14.73
T4: Biol + <i>Trichoderma harzianum</i>	12.3	12.4	13.3	12.9	50.9	12.73

Tabla 16*Datos de campo para número de granos por vaina*

Tratamientos	BLOQUES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
T1: Testigo	4.9	4.2	4.6	4.2	17.9	4.48
T2: Biol	5.4	5.4	5.5	5.7	22	5.50
T3: <i>Trichoderma harzianum</i>	6.9	6.3	6.4	7.1	26.7	6.68
T4: Biol + <i>Trichoderma harzianum</i>	5.9	5.5	5.6	5.3	22.3	5.58

Tabla 17*Datos de campo para rendimiento total*

Tratamientos	BLOQUES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
T1: Testigo	1.9	2	3	1.8	8.7	2.18
T2: Biol	2	2	2.4	2	8.4	2.10
T3: <i>Trichoderma</i> <i>harzianum</i>	2.1	2.2	2.1	1.9	8.3	2.08
T4: Biol + <i>Trichoderma</i> <i>harzianum</i>	2	2.1	2.5	2.3	8.9	2.22



Figura 8. Campo experimental

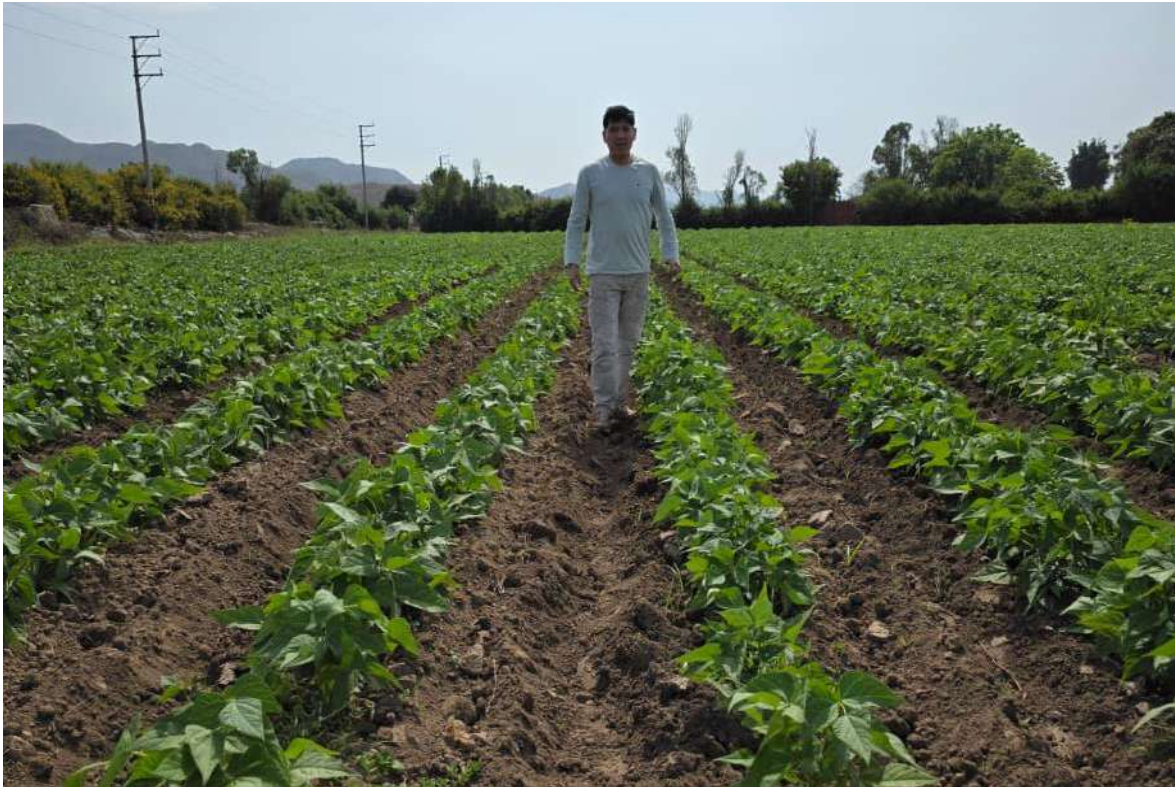


Figura 9. Campo experimental



Figura 10. Inicio de floración



Figura 11. Crecimiento de vainas



Figura 12. Longitud de vainas por tratamiento

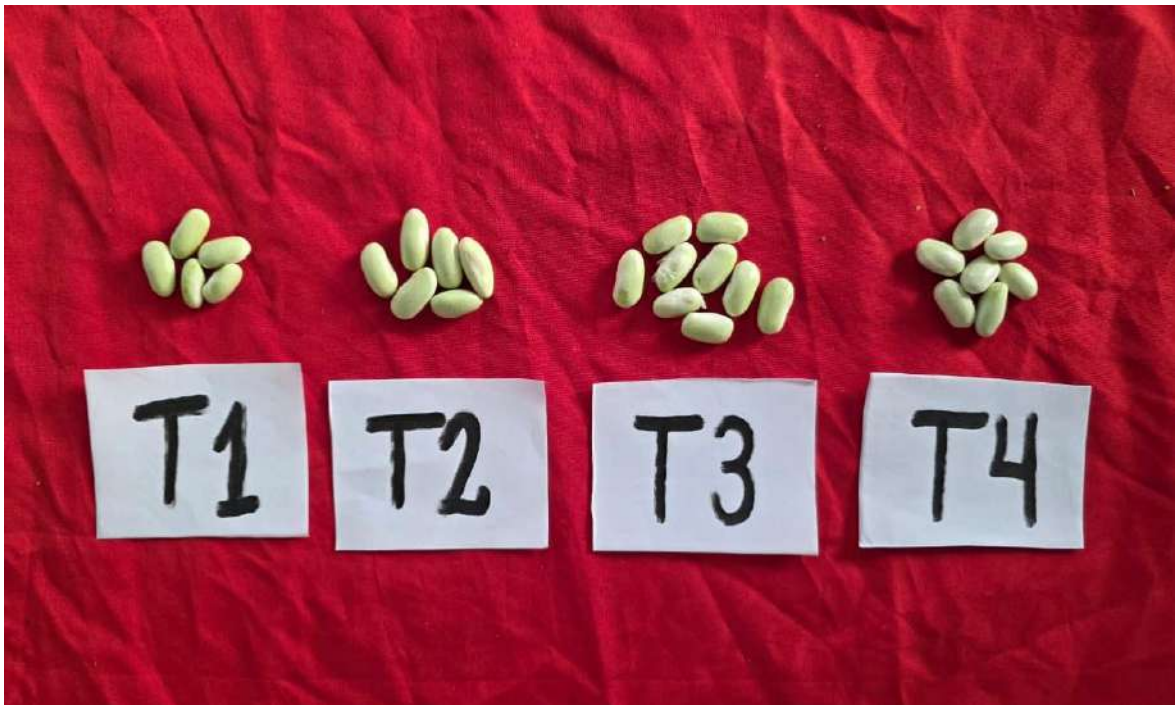


Figura 13. Número de vainas por tratamiento

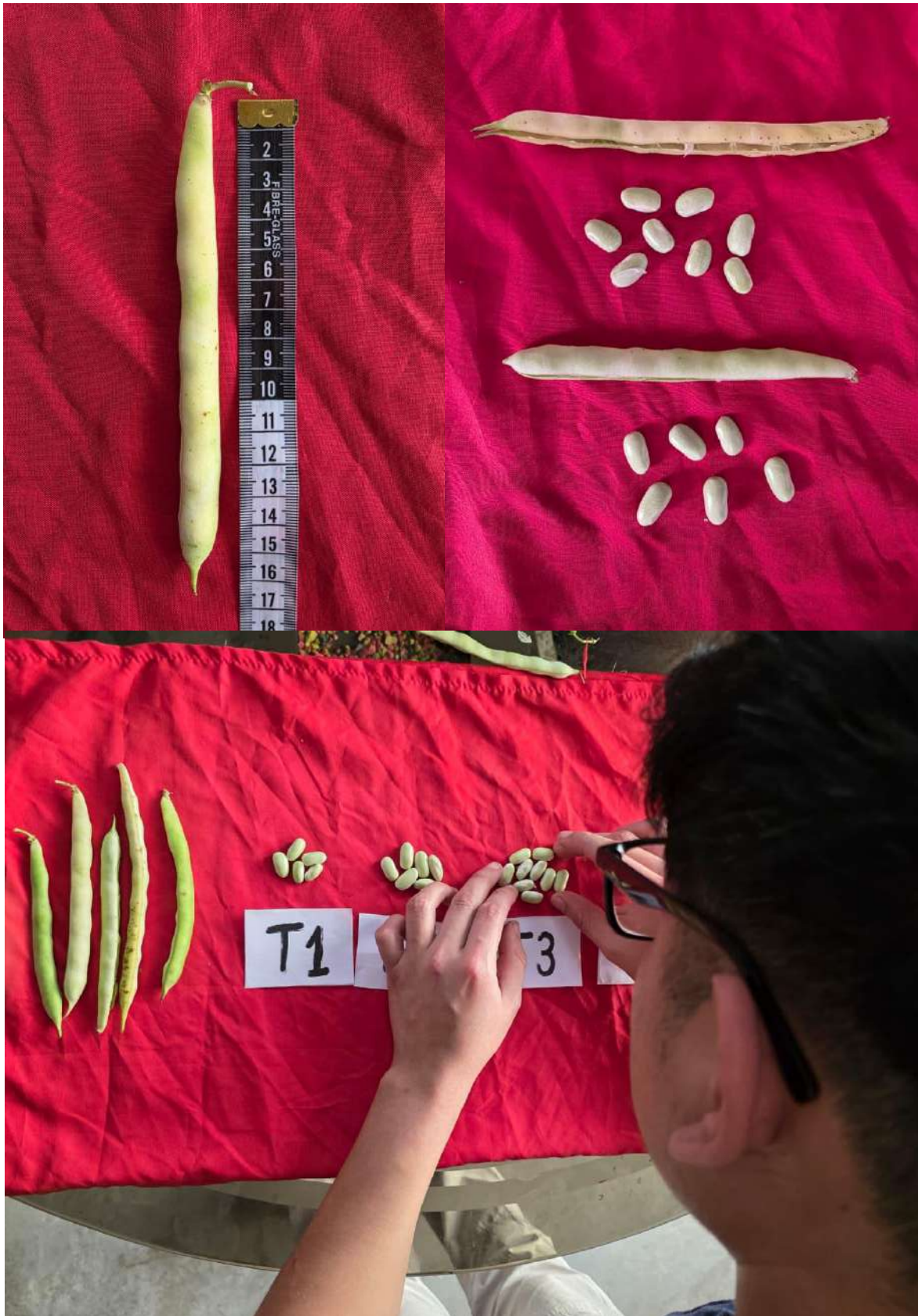


Figura 14. Medición, conteo y evaluación

FICHA DE EVALUACIÓN

Fecha:

Nombre del evaluador:

Variable a evaluar:

TRATAMIENTOS	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO
T1					
PROMEDIO					
T2					
PROMEDIO					
T3					
PROMEDIO					
T4					
PROMEDIO					

Figura 15. Cartilla de evaluación