

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERIA Y GESTION

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS

AGRONÓMICOS Y FORESTALES



TESIS

Evaluación del efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el desarrollo productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de riego tecnificado en Huanta

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL EN:

Ingeniería de Negocios Agronómicos y Forestales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Agronomía

PRESENTADO POR:

Quintana Quispe Ever

ASESOR:

Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada

CO ASESOR:

Dr. Enderson Henry Cruz Mamani

HUANTA - PERÚ

2026

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS-OFICIAL_EVER_QUINTANA_subsa
nado.pdf**

RECuento DE PALABRAS

37759 Words

RECuento DE CARACTERES

219733 Characters

RECuento DE PÁGINAS

165 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.7MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 11, 2026 12:42 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 11, 2026 12:45 PM GMT-5

● 18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 13% Base de datos de trabajos entregados
- 7% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 9 palabras)



Firmado
digitalmente por
QUISPE QUEZADA
Uriel Rigoberto FAU
20574653798 soft
Fecha: 2026.08.11
12:49:01 -05'00'



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

Creada por Ley N° 29658

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE NEGOCIOS AGRONÓMICOS Y FORESTALES

En la ciudad de Huanta, en el auditorio de Estudios Generales de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en el Jr. Miguel Lazón N° 370 – cinco esquinas, a los 21 días del mes de agosto de 2026, siendo las 11:00 horas, se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Dr. Juan Quispe Rodríguez
Mtro. Alfredo Ozejo López
Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada
Mtro. Eloy Robles Carrión

Miembro Titular 1 (Presidente)
Miembro titular 2
Miembro titular 3
Miembro Suplente

Acto seguido se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 126-2026-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis del **Bach. Ever Quintana Quispe**, con la tesis titulada: **"Evaluación del efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el desarrollo productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de riego tecnificado en Huanta"**. asesorado por el Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada y coasorado por el Dr. Enderson Henry Cruz Mamani para optar el Título profesional de: Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales.

Observaciones:

NINGUNO

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluadores, los mismos que fueron defendidos y absueltos por la tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	()
Aprobado Bueno	()
Aprobado Muy Bueno	(X)
Aprobado Excelente	()

Con la calificación de *DIECISIETE* (17)

Siendo las *12:15 pm* se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.

[Firma]
Dr. Juan Quispe Rodríguez
Miembro Titular 1 (Presidente)

[Firma]
Mtro. Alfredo Ozejo López
Miembro Titular 2

[Firma]
Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada
Miembro Titular 3

Evaluación del efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el desarrollo productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de riego tecnificado en Huanta

TESISTA

Bach. Quintana Quispe Ever

ASESOR

Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada

CIP Nro. 63037

CO ASESOR

Dr. Enderson Henry Cruz Mamani

CIP Nro. 285419

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, Jorge Quintana y Felicia Quispe, por su apoyo incondicional, esfuerzo constante y confianza depositada en mí durante mi formación profesional en Ingeniería de Negocios Agronómicos y Forestales; a mi hermana Lidia Quintana y a su pareja, Nolberto Bendaño, por su compañía, comprensión y motivación a lo largo de este camino y a todas aquellas personas que formaron parte de este importante logro académico.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, por brindarme la oportunidad de crecer académica y profesionalmente durante mi formación universitaria.

De manera especial, agradezco al Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada, asesor y al Dr. Enderson Henry Cruz Mamani, co-asesor, del presente trabajo por su asesoría, acompañamiento y aportes brindados durante el desarrollo de la investigación.

Asimismo, agradezco a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Negocios Agronómicos y Forestales por los conocimientos impartidos durante mi formación universitaria.

Finalmente, expreso mi gratitud a mis padres, a mi hermana y hermanos, por su acompañamiento permanente a lo largo de mi formación profesional, así como a todas las personas que contribuyeron de manera directa o indirecta en la culminación de la presente investigación.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el desarrollo productivo del frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 6 tratamientos y 3 repeticiones, siendo los tratamientos: T1: testigo sin aplicación; T2: BioVitalis® Micorriza, 4 L/ha; T3: BioVitalis® Micorriza, 7 L/ha; T4: Bacter Crecimiento®, 2 L/ha; T5: Bacter Crecimiento®, 4 L/ha; y T6: BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento®, 5 L/ha. Se evaluaron los variables días a la emergencia, diámetro de tallo, altura de planta, días a la floración, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 semillas y rendimiento t/ha. Los datos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA) con un 95% de confianza y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos, destacando T5, que registró la emergencia más temprana con 6 días y la mayor altura de planta con 55.98 cm a los 56 DDS. Por su parte, T6 alcanzó el mayor diámetro de tallo (7.017 mm), la floración más temprana (56.67 días), el mayor número de granos por vaina (4.64) y el mayor peso de 100 semillas (51.57 g), mientras que T3 presentó el mayor número de vainas por planta (50.26) y el mayor rendimiento con 3.141 t/ha. Se concluye que la aplicación de dos biofertilizantes microbianos mejoró el desarrollo productivo del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado, siendo el tratamiento T3 la alternativa más eficiente al registrar el mayor rendimiento del cultivo.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., biofertilizantes, microorganismos, rendimiento

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the effect of two microbial biofertilizers on the productive development of canary bean (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Centenario under technified irrigation conditions in Cangari, Huanta. A randomized complete block design (RCBD) was used with six treatments and three replications. The treatments were: T1 (untreated control); T2 (BioVitalis® Mycorrhiza, 4 L/ha); T3 (BioVitalis® Mycorrhiza, 7 L/ha); T4 (Bacter Crecimiento®, 2 L/ha); T5 (Bacter Crecimiento®, 4 L/ha); and T6 (BioVitalis® Mycorrhiza + Bacter Crecimiento®, 5 L/ha). The evaluated variables were days to emergence, stem diameter, plant height, days to flowering, number of pods per plant, number of grains per pod, 100-seed weight, and yield (t ha^{-1}). The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) at a 95% confidence level, and mean comparisons were performed using Tukey's test ($\alpha = 0.05$). The results showed significant differences among treatments, with T5 showing the earliest emergence at 6 days and the greatest plant height, reaching 55.98 cm at 56 days after sowing (DAS). Meanwhile, T6 recorded the highest stem diameter (7.017 mm), the earliest flowering (56.67 days), the highest number of grains per pod (4.64), and the greatest 100-seed weight (51.57 g). In contrast, T3 showed the highest number of pods per plant (50.26) and the highest yield, reaching 3.141 t ha^{-1} . It was concluded that the application of microbial biofertilizers improved the productive development of canary bean var. Centenario under technified irrigation conditions, with treatment T3 being the most efficient alternative due to achieving the highest crop yield.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., biofertilizers, microorganisms, yield

ÍNDICE

RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
INTODUCCIÓN.....	xix
CAPITULO I	22
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.1. Descripción del problema	22
1.2. Formulación del problema.....	23
1.3. Objetivos.....	23
1.3.1. Objetivo general	23
1.3.2. Objetivos específicos.....	24
1.4. Justificación e importancia	24
1.5. Hipótesis	27
1.6. Variables	28
1.6.1. Variable independiente	28
1.6.2. Variable dependiente	28
1.6.3. Operacionalización de variables.....	29
CAPITULO II	30
MARCO TEÓRICO.....	30
2.1. Antecedentes de la investigación.....	30
2.1.1. Internacionales.....	30
2.1.2. Nacional.....	35
2.1.3. Local.....	39
2.2. Bases teóricas.....	40
2.2.1. El cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	40
2.2.1.1. Origen y evolución	40
2.2.1.2. Importancia del Cultivo	40
2.2.1.3. Situación actual del cultivo.....	42
2.2.1.4. Frijol canario variedad Centenario	43
2.2.2. Características Botánicas.....	45

2.2.3. Morfología.....	45
2.2.4. Hábito de crecimiento.....	47
2.2.5. Fenología del Cultivo	48
2.2.6. Fisiología y nutrición.....	54
2.2.8. Requerimientos edafoclimáticos	57
2.2.9. Manejo agronómico.....	61
2.2.10. Sanidad del Cultivo	62
2.2.11. Rendimiento	65
2.2.12. Biofertilizantes microbianos.....	66
2.3. Definición de términos.....	76
2.3.1. Biofertilizante	76
2.3.2. Inoculante microbiano	76
2.3.3. Inoculación	76
2.3.4. Coinoculación.....	76
2.3.5. Drench	76
2.3.6. Rizosfera.....	77
2.3.7. Micorrizas arbusculares.....	77
2.3.8. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)	77
2.3.9. Fijación biológica de nitrógeno	77
2.3.10. Solubilización de fósforo.....	78
2.3.11. Simbiosis	78
2.3.12. Fertilidad del suelo	78
2.3.13. Rendimiento	78
2.3.14. Fitohormonas.....	78
CAPITULO III.....	79
METODOLOGÍA	79
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	79
3.1.1. Tipo de investigación	79
3.1.2. Nivel de investigación	79
3.2. Diseño de investigación.....	79
3.2.2. Tratamientos evaluados	80
3.2.3. Características del campo experimental	81
3.2.4. Distribución experimental	82
3.3. Ámbito temporal y espacial	83

3.4. Población y muestra.....	84
3.4.1. Población	84
3.4.2. Muestra	84
3.4.3. Tipo de muestra	85
3.5. Técnicas e instrumentos.....	85
3.5.1. Técnica	85
3.5.2. Instrumentos	85
3.6. Materiales, equipos e insumos	86
3.6.1. Material genético	86
3.6.2. Insumos agrícolas	86
3.6.3. Equipos.....	86
3.6.4. Materiales y herramientas.....	86
3.6.5. Componentes del sistema de riego por goteo	87
3.7. Procedimientos.....	88
3.7.1. Muestreo y análisis de suelo.....	88
3.7.2. Prueba de germinación de semillas	88
3.7.3. Características físico-químicas del suelo experimental.....	88
3.7.4. Preparación de terreno	89
3.7.5. Surcado	89
3.7.6. Instalación del sistema de riego por goteo	89
3.7.7. Demarcación del terreno.....	89
3.7.8. Inoculación y coinoculación de semillas	90
3.7.9. Siembra e identificación	90
3.7.10. Aplicación de biofertilizantes.....	90
3.7.11. Manejo del cultivo	90
3.7.11.1. Riego.....	91
3.7.11.2. Control de malezas	91
3.7.11.3. Control fitosanitario.....	92
3.7.12. Cosecha.....	92
3.7.13. Evaluación de variables.....	92
3.8. Análisis de datos	94
CAPITULO IV.....	95
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	95
4.1. Resultados.....	95

4.2. Discusión	126
CAPITULO V	133
CONCLUSIONES	133
CAPITULO VI.....	134
RECOMENDACIONES	134
REFERENCIAS.....	135
ANEXOS	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	29
Tabla 2 Composición nutricional.....	41
Tabla 3 Características agronómicas del frijol canario cv. Centenario	44
Tabla 4 Tratamientos y dosis de aplicación.....	80
Tabla 5 Distribución aleatoria de los tratamientos en los bloques	81
Tabla 6 Propiedades físico-químicas del suelo del área experimental de Cangari	88
Tabla 7 Precipitación acumulada mensual durante el periodo de estudio.....	91
Tabla 8 Contraste de la hipótesis general para el desarrollo productivo del frijol canario..	96
Tabla 9 Descriptivos de los días a la emergencia de plántulas.....	97
Tabla 10 Estadísticos de la prueba de Friedman para los días a la emergencia.....	98
Tabla 11 Rangos promedio de la prueba de Friedman para los días a la emergencia.....	98
Tabla 12 Descriptivos del diámetro del tallo (mm) a los 56 DDS.....	99
Tabla 13 Análisis de varianza para el diámetro del tallo (mm) a los 56 DDS.....	101
Tabla 14 Prueba de Tukey para el diámetro del tallo (mm) a los 56 DDS	101
Tabla 15 Descriptivos de la altura de planta (cm) a los 14, 28 y 56 días	103
Tabla 16 Análisis de varianza para la altura (cm) a los 14, 28 y 56 días	104
Tabla 17 Prueba de Tukey para la altura (cm) a los 14, 28 y 56 días.....	106
Tabla 18 Descriptivos de los días a la floración	108
Tabla 19 Análisis de varianza para días a la floración.....	109
Tabla 20 Prueba de Tukey para los días a la floración.....	110
Tabla 21 Número de vainas por planta según tratamiento.....	111
Tabla 22 Análisis de varianza para el número de vainas por planta	113
Tabla 23 Prueba de Tukey para el número de vainas por planta.....	114
Tabla 24 Descriptivos del número de granos por vaina	115
Tabla 25 Análisis de varianza para el número de granos por vaina	116
Tabla 26 Prueba de Tukey para el número de granos por vaina	117
Tabla 27 Descriptivos del peso de 100 semillas según tratamiento	118
Tabla 28 Análisis de varianza para el peso de 100 Semillas.....	120
Tabla 29 Prueba de Tukey para el peso de 100 Semillas	121
Tabla 30 Descriptivos del rendimiento del cultivo	122
Tabla 31 Análisis de varianza para el rendimiento (t/ha)	124
Tabla 32 Prueba de Tukey para el rendimiento (t/ha).....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Hábitos de crecimiento del frijol común	48
Figura 2 Germinación del frijol canario cv. Centenario	49
Figura 3 Emergencia del frijol canario cv. Centenario	49
Figura 4 Primera hoja del frijol canario cv. Centenario	50
Figura 5 Primera hoja trifoliada del frijol canario cv. Centenario	50
Figura 6 Tercera hoja trifoliada del frijol canario cv. Centenario	51
Figura 7 Prefloración del frijol canario cv. Centenario	51
Figura 8 Floración del frijol canario cv. Centenario	52
Figura 9 Formación de vainas del frijol canario cv. Centenario	52
Figura 10 Llenado de vainas del frijol canario cv. Centenario	53
Figura 11 Maduración del frijol canario cv. Centenario	53
Figura 12 Fenología del frijol común	54
Figura 13 Distribución de los tratamientos al azar en el campo experimental	82
Figura 14 Ubicación geográfica del área de estudio	84
Figura 15 Efecto de los tratamientos en los rangos promedio de días a la emergencia	99
Figura 16 Efecto de los tratamientos en el diámetro del tallo	102
Figura 17 Evolución de la altura promedio del frijol cv. Centenario	107
Figura 18 Efecto de los tratamientos en los días a la floración	110
Figura 19 Distribución del número de vainas por planta según tratamiento	112
Figura 20 Efecto de los tratamientos en el número de vainas por planta	114
Figura 21 Efecto de los tratamientos en el número de granos por vaina	117
Figura 22 Distribución del peso de 100 semillas según tratamiento	119
Figura 23 Efecto de los tratamientos en el peso de 100 semillas	121
Figura 24 Distribución del rendimiento del cultivo según tratamiento	123
Figura 25 Efecto de los tratamientos en el rendimiento del cultivo	125

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Matriz de consistencia</i>	147
Anexo 2 <i>Guía y formato de recolección de datos de campo</i>	148
Anexo 3 <i>Resultados del análisis de suelo del área experimental</i>	149
Anexo 4 <i>Fichas técnicas de los biofertilizantes comerciales evaluados</i>	153
Anexo 5 <i>Matriz de datos consolidados de las variables evaluadas</i>	157
Anexo 6 <i>Supuestos estadísticos del modelo univariado</i>	158
Anexo 7 <i>Panel fotográfico de las labores de campo</i>	159

INTODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) constituye una de las leguminosas de mayor importancia para la alimentación humana debido a su elevado valor nutricional, amplia adaptación a diferentes condiciones agroecológicas y aporte a la seguridad alimentaria de millones de personas. A nivel mundial, es considerado la leguminosa de mayor consumo directo y presenta una notable diversidad genética, lo que ha permitido su cultivo en América, África, Asia y Europa bajo distintos sistemas de producción (Jones, 2020). Asimismo, sus semillas representan una importante fuente de proteínas, carbohidratos complejos, fibra dietética, vitaminas y minerales, características que lo convierten en un alimento fundamental para la dieta de la población y en un cultivo estratégico para la agricultura sostenible (FAO, 2020). En el contexto de la seguridad alimentaria, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura señala que el frijol constituye una fuente económica de proteínas, cuyo contenido oscila entre 20 % y 23 %, además de aportar fibra, hierro, ácido fólico y otros micronutrientes esenciales para la alimentación humana (FAO, 2016). A ello se suma su capacidad para establecer asociaciones simbióticas con bacterias fijadoras de nitrógeno presentes en los nódulos radiculares, contribuyendo a mejorar la fertilidad del suelo y reduciendo parcialmente la necesidad de fertilizantes nitrogenados, aspecto que refuerza su importancia dentro de los sistemas agrícolas sostenibles (Sherasia et al., 2018).

En el Perú, el cultivo de frijol forma parte de la agricultura familiar y constituye una alternativa productiva de importancia económica y social para miles de pequeños productores. Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2026), la producción nacional de legumbres alcanza aproximadamente 350 000 toneladas en una superficie cercana a 93 000 hectáreas, involucrando a más de 140 000 familias dedicadas a esta actividad. En este escenario, el cultivo del frijol canario adquiere especial relevancia por su alta aceptación en el mercado nacional, lo que hace necesario desarrollar estrategias de manejo que permitan mejorar su productividad sin comprometer la sostenibilidad del recurso suelo.

La creciente demanda de alimentos obtenidos mediante sistemas de producción sostenibles ha impulsado la búsqueda de alternativas que permitan incrementar la productividad agrícola sin comprometer la calidad del suelo ni el equilibrio de los agroecosistemas. En este contexto, los biofertilizantes microbianos han cobrado especial importancia debido a que contienen microorganismos benéficos capaces de favorecer la disponibilidad y absorción de nutrientes, estimular el desarrollo del sistema radicular y mejorar

el crecimiento de las plantas mediante procesos biológicos naturales (Prisa et al., 2023). Entre los microorganismos de mayor interés destacan las bacterias promotoras del crecimiento vegetal, como *Azospirillum spp.*, *Azotobacter spp.* y *Pseudomonas spp.*, además de los hongos micorrícicos arbusculares, cuya interacción favorece la fijación biológica de nitrógeno, la solubilización de fósforo y otros nutrientes, así como una mayor eficiencia en el aprovechamiento del agua y los recursos del suelo (Chaudhary et al., 2022). En concordancia con ello, el Consorcio Agroecológico del Perú (2017), señala que los biofertilizantes constituyen una alternativa sostenible porque contribuyen a regenerar la actividad biológica del suelo mediante microorganismos capaces de estimular el crecimiento vegetal, favorecer el desarrollo radicular y mejorar la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. Asimismo, revisiones científicas recientes destacan que la utilización de estos microorganismos representa una estrategia prometedora para reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos y fortalecer la sostenibilidad de la producción agrícola (Shahwar et al., 2023).

En el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), el empleo de microorganismos benéficos ha despertado un creciente interés debido a su capacidad para mejorar la nutrición vegetal y favorecer la productividad del cultivo, una revisión sistemática sobre prácticas agronómicas en frijol identificó que la inoculación con rizobios, bacterias promotoras del crecimiento vegetal y biofertilizantes microbianos constituye una de las estrategias con mayor potencial para incrementar el rendimiento y la calidad del grano, especialmente cuando estas prácticas se integran con un manejo adecuado del riego y la fertilización (Karavidas et al., 2022). Asimismo, se destaca que la coinoculación de rizobios con otros microorganismos benéficos ha mostrado respuestas superiores respecto a la inoculación individual, debido a la complementariedad de sus mecanismos de acción sobre la nutrición y el desarrollo de las plantas (Aloo et al., 2022). Asimismo, una revisión reciente sobre el uso de biofertilizantes en *Phaseolus vulgaris* señala que la coinoculación con rizobios y otras bacterias promotoras del crecimiento vegetal representa la práctica más estudiada en este cultivo, ya que favorece la formación de nódulos, incrementa la absorción de nutrientes, mejora la tolerancia a condiciones de estrés y contribuye al aumento del rendimiento, especialmente en sistemas agrícolas donde la disponibilidad de nutrientes constituye un factor limitante, estos resultados evidencian el potencial de los consorcios microbianos como una alternativa para fortalecer la sostenibilidad de la producción de frijol y reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos (Aguirre et al., 2023).

A pesar de los avances alcanzados en esta línea de investigación, en la provincia de Huanta aún es limitada la información sobre la respuesta del frijol canario var. Centenario a la aplicación de biofertilizantes microbianos comerciales bajo condiciones de riego tecnificado. Esta situación restringe la disponibilidad de alternativas tecnológicas adaptadas a las condiciones agroecológicas locales que permitan mejorar el desarrollo productivo del cultivo mediante prácticas sostenibles. En ese contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el desarrollo productivo del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta, generando información que contribuya a fortalecer el manejo agronómico del cultivo y promover el uso de tecnologías biológicas orientadas hacia una agricultura más sostenible.

Finalmente, la presente tesis se encuentra estructurada en 6 capítulos. El Capítulo I comprende el planteamiento del problema, la formulación del problema general y de los problemas específicos, los objetivo general y específicos, la justificación e importancia de la investigación, la hipótesis general y las hipótesis específicas, la identificación de las variables independiente y dependiente, así como la operacionalización de las variables. El Capítulo II desarrolla el marco teórico, el cual incluye los antecedentes de investigación a nivel internacional, nacional y local, las bases teóricas relacionadas con el cultivo de frijol y los biofertilizantes microbianos, además de la definición de los términos básicos utilizados en la investigación. El Capítulo III corresponde a la metodología de la investigación, donde se describe el tipo, nivel y diseño de investigación, el ámbito temporal y espacial, la población y muestra, los tratamientos evaluados, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, los materiales, equipos e insumos empleados, el procedimiento experimental, las variables evaluadas y el análisis estadístico realizado. El Capítulo IV presenta los resultados y discusión; el Capítulo V expone las conclusiones. Finalmente, el Capítulo VI las recomendaciones.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La sostenibilidad de los sistemas agrícolas peruanos enfrenta una crisis estructural debido a la alta vulnerabilidad en el suministro de fertilizantes sintéticos. En los últimos años, diversos conflictos geopolíticos internacionales alteraron el mercado mundial de fertilizantes, incrementando el precio de la urea por encima de S/ 3 000 por tonelada en el mercado nacional durante campañas recientes (León, 2026). Esta fuerte dependencia de insumos químicos importados no solo encarece drásticamente los costos de producción para los productores locales, sino que acelera la degradación física y biológica de los suelos agrícolas a mediano y largo plazo.

Esta problemática es latente en la provincia de Huanta, específicamente en la comunidad de Cangari, distrito de Iguain. En esta zona, la actividad agrícola tradicional se centra de forma casi exclusiva en el monocultivo intensivo de hortalizas (lechuga, apio, tomate, brócoli y coliflor), dicha actividad enfrenta serias limitaciones productivas, especialmente por la baja fertilidad de los suelos, el uso excesivo de fertilizantes químicos, la degradación progresiva de los suelos por los sistemas de riego por gravedad, ya que es un modelo altamente extractivo que agota los nutrientes del suelo y obliga a los agricultores a depender de continuas aplicaciones de fertilizantes químicos para mantener la producción.

Frente a esta situación, surge la necesidad de incorporar alternativas de producción que contribuyan a recuperar la fertilidad del suelo y diversificar los sistemas de cultivo, mediante la incorporación de leguminosas de alto valor comercial, como el frijol común, especie reconocida por su capacidad de establecer simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno, favoreciendo el mejoramiento biológico del suelo (MIDAGRI, 2022). Sin embargo, el cultivo de frijol canario variedad Centenario presentaba escasa difusión bajo las condiciones agroecológicas de Cangari y no existían antecedentes experimentales locales que permitieran conocer su comportamiento agronómico y productivo. En este escenario, los biofertilizantes microbianos representaron una opción viable, como el Bacter Crecimiento®, formulado con bacterias promotoras del crecimiento vegetal (*Azospirillum*, *Azotobacter* y *Pseudomonas fluorescens*), y

BioVitalis® Micorriza, compuesto por hongos micorrícicos arbusculares, microorganismos de montaña y sustancias húmicas que favorecen la disponibilidad de nutrientes, el desarrollo del sistema radicular, características que respaldan su potencial para fortalecer el crecimiento y la productividad del cultivo.

Por consiguiente, persistía un vacío de información científica sobre la respuesta agronómica, fenológica y productiva del frijol canario variedad Centenario frente a la aplicación de estos biofertilizantes microbianos bajo condiciones de riego tecnificado en la provincia de Huanta. Ante esta situación, resultó necesario evaluar el efecto de las formulaciones comerciales Bacter Crecimiento® y BioVitalis® Micorriza mediante un ensayo experimental de campo, para generar evidencia científica que permita establecer su potencial como una alternativa tecnológica para mejorar la productividad del cultivo y contribuir a la diversificación sostenible de los sistemas agrícolas de la zona.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el desarrollo productivo del frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el crecimiento vegetativo del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado?
- ¿Cómo influye la aplicación de dos biofertilizantes microbianos sobre el rendimiento del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado?
- ¿Qué biofertilizante microbiano aplicado genera la mejor respuesta productiva del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el desarrollo productivo del frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el crecimiento vegetativo del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado.
- Evaluar la aplicación de dos biofertilizantes microbianos sobre el rendimiento del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado.
- Determinar la mejor respuesta productiva del frijol canario var. Centenario ante la aplicación de dos biofertilizantes microbianos bajo condiciones de riego tecnificado.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación teórica

Los biofertilizantes microbianos han sido ampliamente estudiados por su capacidad para mejorar la disponibilidad de nutrientes y favorecer procesos relacionados con el crecimiento de las plantas. No obstante, la respuesta de estos microorganismos varía de acuerdo con las características del suelo, las condiciones climáticas y el manejo agronómico, por lo que aún existe información limitada sobre su comportamiento en el cultivo de frijol bajo condiciones locales de producción (Rita, 2022). En ese contexto, la presente investigación se justificó teóricamente porque permitió generar evidencia sobre la respuesta del frijol canario variedad Centenario a la aplicación de biofertilizantes microbianos bajo condiciones de riego tecnificado, aportando información que fortaleció el conocimiento relacionado con la interacción entre microorganismos benéficos, la nutrición vegetal y el desarrollo productivo del cultivo

1.4.2. Justificación practica

La presente investigación se justificó de manera práctica porque generó información sobre el uso de biofertilizantes microbianos en el cultivo de frijol, un cultivo que puede incorporarse como alternativa dentro de los sistemas productivos de la comunidad de Cangari, provincia de Huanta. Los resultados obtenidos permitieron identificar el efecto de BioVitalis® Micorriza y Bacter Crecimiento® sobre el desarrollo productivo del cultivo, proporcionando información que puede ser utilizada por los productores de Cangari para la incorporación de biofertilizantes en el manejo agronómico del frijol. Asimismo, la información generada constituyó una referencia para futuras investigaciones y aplicaciones en otros cultivos de interés agrícola

1.4.3. Justificación metodológica

La presente investigación se justificó metodológicamente porque empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), ampliamente utilizado en la investigación agrícola para controlar la variabilidad experimental y mejorar la precisión en la comparación de tratamientos. Asimismo, los procedimientos aplicados para la evaluación de las variables agronómicas y el análisis estadístico de los datos constituyeron un referente metodológico que podrá ser considerado en futuras investigaciones relacionadas con la evaluación de biofertilizantes u otros insumos biológicos en diferentes cultivos, contribuyendo a la obtención de resultados confiables y comparables en condiciones similares (Gabriel et al., 2022).

1.4.4. Justificación económica

La presente investigación se justificó económicamente porque evaluó una alternativa biológica para el manejo nutricional del cultivo de frijol frente a la creciente dependencia de fertilizantes químicos, cuyos precios registraron incrementos significativos en los últimos años. Según el MIDAGRI (2022) entre 2021 y 2022 el índice de precios de los fertilizantes acumuló un incremento de 77,7 %, situación que elevó los costos de producción agrícola. Asimismo, el Perú mantiene una alta dependencia de fertilizantes importados, ya que aproximadamente el 89,5 % del fertilizante consumido en el país proviene del

exterior, exponiendo a los productores a las fluctuaciones del mercado internacional. En este contexto, los resultados obtenidos evidenciaron que el uso de biofertilizantes microbianos constituye una alternativa para complementar el manejo nutricional del cultivo, información que puede contribuir a que los productores de Cangari adopten prácticas de fertilización complementadas con los biofertilizantes.

1.4.5. Justificación social

La presente investigación se justificó socialmente porque generó información sobre el uso de biofertilizantes microbianos como una alternativa para el manejo del cultivo de frijol, contribuyendo al fortalecimiento de prácticas agrícolas más sostenibles. En la provincia de Huanta, la agricultura constituye una de las principales actividades económicas y una importante fuente de sustento para numerosas familias; en ese contexto, los resultados obtenidos proporcionaron información que puede ser aprovechada por los productores de Cangari para la incorporación de biofertilizantes en el manejo de sus cultivos, promoviendo una menor dependencia de fertilizantes químicos y un uso más responsable de los recursos naturales. Asimismo, la información generada constituyó una referencia para promover el uso de biofertilizantes microbianos en sistemas de producción agrícola más sostenibles.

1.4.6. Justificación ambiental

La presente investigación se justificó ambientalmente porque evaluó el uso de biofertilizantes microbianos como una alternativa para complementar el manejo nutricional del cultivo de frijol favoreciendo la conservación de la actividad biológica del suelo. Asimismo, al desarrollarse bajo condiciones de riego tecnificado, generó información que puede ser aprovechada por los productores de Cangari para promover un uso más eficiente del agua, aspecto de especial importancia frente a la creciente escasez del recurso hídrico y al predominio del riego por gravedad en la zona. Asimismo, la investigación aportó evidencia para fomentar prácticas de producción más sostenibles, en concordancia con los principios de conservación establecidos por la Ley General

del Ambiente (Ley N.º 28611) y las directrices de la FAO (FAO, 2016b; SINIA, 2025).

1.4.7. Importancia

La importancia de la presente investigación radicó en integrar el uso de biofertilizantes microbianos y el riego tecnificado como herramientas orientadas a una producción agrícola más eficiente y sostenible frente a los desafíos actuales relacionados con la conservación del suelo, la creciente escasez del recurso hídrico y la dependencia de fertilizantes químicos. Asimismo, la información obtenida fortaleció la línea de investigación de la universidad en el ámbito de la producción agrícola sostenible y constituyó un referente para futuras investigaciones sobre el empleo de biofertilizantes microbianos en cultivos de interés agronómico, ya que los resultados aportaron evidencia técnica que puede ser considerada por los productores de Cangari y por las instituciones vinculadas al sector agrario para promover alternativas de manejo orientadas al desarrollo sostenible de la agricultura en la provincia de Huanta.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La aplicación de dos biofertilizantes microbianos influye significativamente sobre el desarrollo productivo del frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de dos biofertilizantes microbianos genera diferencias significativas sobre el crecimiento vegetativo del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado.
- La aplicación de dos biofertilizantes microbianos influye significativamente sobre el rendimiento del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado.
- Al menos uno de los biofertilizantes microbianos aplicados genera una mejor respuesta productiva en el frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente

Biofertilizantes microbianos:

- BioVitalis® Micorriza
- Bacter Crecimiento®

1.6.2. Variable dependiente

Desarrollo productivo del frijol canario var. centenario

- Días a la emergencia
- Diámetro de tallo
- Altura de planta
- Días a la floración
- N° de vainas/planta
- N° de granos/vaina
- Peso de 100 semillas (g)
- Rendimiento (t/ha)

1.6.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Independiente:	BioVitalis® Micorriza, es un biofertilizante microbiano compuesto por hongos micorrícicos y bacterias rizosféricas enriquecido con humus líquido, el cual incrementa la absorción de nutrientes y la actividad biológica del suelo.	Aplicación de Bacter Crecimiento® y BioVitalis® Micorriza Micorrizas, en diferentes formas e interacciones.	Fuente de biofertilización	- Tipo de biofertilizantes microbiano - Dosis aplicada (L/ha)
Biofertilizantes microbianos				
Bacter® Crecimiento				• Inoculación (Siembra)
BioVitalis®	Bacter Crecimiento®, es un biofertilizante bacteriano formulado con bacterias benéficas, orientado a favorecer la fijación de nitrógeno y la nutrición del cultivo.		Etapas de aplicación	• Aplicación por el método drench en V2, R5 y R7
Micorriza Micorrizas				
				• Días a la emergencia
Dependiente:		Medición de variables agronómicas, registro cuantitativo de datos agronómicos en campo y pesaje de componentes de grano durante la cosecha.	Crecimiento vegetativo	• Diámetro de tallo (mm) • Altura de planta (cm) • Días a la floración
Desarrollo productivo del frijol canario var. Centenario	Respuesta morfológica, fenológica y productiva del cultivo de frijol ante la biofertilización microbiana durante el desarrollo productivo.			• N° de vainas/planta
			Rendimiento	• N° de granos/vaina • Peso de 100 semillas (g)
			Productividad	• Rendimiento (t/ha)

Nota. L/ha: litros por hectárea; t/ha: toneladas por hectárea; mm: milímetros; cm: centímetros; g: gramos; V2: primera hoja; R5: prefloración; R7: formación de vainas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

Granda et al. (2024) realizaron en Ecuador, la investigación titulada “Inoculantes microbianos comerciales con PGPR sobre variables productivas y económicas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)”, con el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación con rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) en variables productivas y económicas de *P. vulgaris*. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos (T1: testigo absoluto, T2: *Bacillus subtilis*, T3: *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, T4: *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis*, T5: *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* + *Bacillus subtilis*, T6: *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* + *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis* y T7: fertilización química), con cuatro repeticiones. Se evaluaron los días a la emergencia, la altura de planta, los días a la floración, el número de vainas por planta, el número de granos por vaina, el peso de 100 semillas y el rendimiento agrícola. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Los resultados mostraron que el tratamiento T6 registró la menor duración a la emergencia (8,25 días), la mayor altura de planta (63,79 cm), el mayor número de vainas por planta (24,88), el mayor número de granos por vaina (4,41), el mayor peso de 100 semillas (65,50 g) y el mayor rendimiento agrícola (3,52 t/ha. Se concluye que la inoculación combinada con *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus subtilis* favoreció el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento del cultivo de frijol común.

Medina et. al (2023) desarrollaron en Nicaragua, la investigación titulada “Evaluación del potencial de hongos micorrizas y bacterias *Rhizobium* en el desarrollo fenológico y rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus Vulgaris*)”, con el objetivo de evaluar la disponibilidad de nutrientes en suelos inoculados con Micorrizas y *Rhizobium* analizando su efecto en el desarrollo vegetativo y

rendimientos del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Se empleó la metodología de un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos (T1: micorrizas, T2: *Rhizobium*, T3: micorrizas + *Rhizobium* y T4: testigo), tres repeticiones y un total de 12 unidades experimentales. Se evaluaron variables de crecimiento y rendimiento del cultivo, incluyendo altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de vainas por planta, peso del grano y contenido de nutrientes del suelo (N y P). El análisis de datos se realizó mediante ANOVA y la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando el software SPSS. Los resultados mostraron que el tratamiento T3 (micorrizas + *Rhizobium*) presentó los mejores resultados, alcanzando una altura de planta de 46 cm y un diámetro de tallo de 7,84 mm a los 35 días después de la siembra. Asimismo, obtuvo el mayor número de vainas por planta (23), 76 granos por planta, 226 g de peso de 1000 semillas y el mayor rendimiento (1 798 kg/ha), superando a los tratamientos con micorrizas, *Rhizobium* y al testigo. Se concluye que la inoculación conjunta de micorrizas y *Rhizobium* favorece el crecimiento y el rendimiento del cultivo de frijol, al obtener los mayores valores en las principales variables agronómicas evaluadas en comparación con los tratamientos individuales y el testigo.

Morel et al. (2021) realizaron en Concepción, Paraguay la investigación titulada “Eficacia de biofertilizantes en la producción de variedades de frejol”, con el objetivo de evaluar la eficacia de la aplicación foliar de biofertilizantes en la producción de variedades de frejol. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con parcelas subdivididas, bajo un arreglo factorial 2×3 , con cuatro repeticiones. La parcela principal correspondió a dos variedades de frijol (negro y carioca), mientras que la parcela secundaria estuvo conformada por tres tratamientos de biofertilización (sin aplicación, biofertilizante 1 y biofertilizante 2), evaluándose los variables que incluyeron altura de planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 1000 semillas y rendimiento (kg/ha). Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANAVA) y las diferencias entre tratamientos se determinaron mediante la prueba de Tukey al 5 %. Los resultados mostraron que la aplicación de biofertilizantes favoreció el crecimiento y rendimiento del frijol, destacando el biofertilizante 2, el cual presentó la mayor altura de planta con 37,75 cm, 14,62 vainas por planta, 4,42 granos por vaina y un rendimiento de 564,87 kg/ha, mientras que la variedad

carioca alcanzó el mayor peso de 1000 semillas con 226,50 g. Se concluye que la aplicación de biofertilizantes mejora los componentes del rendimiento del frijol, siendo el biofertilizante 2 el tratamiento con mayor eficiencia al incrementar principalmente el número de vainas por planta y la producción del cultivo.

Chávez y Vásquez (2021) realizaron en Ecuador, la investigación titulada “Efecto de la aplicación de tres dosis de *Bacillus subtilis* en tres variedades de fréjol arbustivo”, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de tres dosis de *Bacillus subtilis* en tres variedades de fréjol arbustivo. Se empleó la metodología de un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, conformado por tres dosis de *Bacillus subtilis* (D1: testigo, D2: 250 mL y D3: 500 mL) y tres variedades de fréjol arbustivo (Paragachi, Campeón y Centenario), con tres repeticiones. Se evaluaron los días a la cosecha, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos y rendimiento. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Los resultados mostraron que la dosis D3 (500 mL de *Bacillus subtilis*) presentó el mejor comportamiento, especialmente en la variedad Centenario, alcanzando 34 vainas por planta y el mayor rendimiento de 3 764 kg/ha, mientras que el tratamiento testigo registró el menor rendimiento (2 650 kg/ha). Asimismo, la variedad Centenario obtuvo los mayores valores en número de granos por vaina (5) y peso de 100 granos (57 g), evidenciándose un incremento del rendimiento conforme aumentó la dosis. Se concluye que la aplicación de 500 mL de *Bacillus subtilis* mejora los componentes del rendimiento del fréjol arbustivo, incrementando el número de vainas por planta, el número de granos por vaina, el peso de 100 granos y el rendimiento, siendo la variedad Centenario la que presentó la mejor respuesta al bioinoculante.

Lara et al. (2019) realizaron en Actopan, México el estudio titulado “Respuesta agronómica de *Phaseolus vulgaris* a la biofertilización en campo”, con el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación dual y fertilización inorgánica reducida en la producción y calidad de *P. vulgaris* cv. ‘Negro Michigan’ bajo condiciones de campo. Se empleó la metodología de un diseño de bloques completos al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones, considerando un testigo, fertilización química, inoculación con hongos HMA, *Rhizobium etli*

(Re), sus combinaciones y la integración con el 50 % de fertilización, evaluándose variables como altura de planta, diámetro de tallo, número de vainas, peso de granos y rendimiento; los datos fueron analizados mediante ANOVA y la prueba LSD de Fisher con un nivel de significancia del 5%. Los resultados mostraron que la inoculación con T4 presentó la mayor altura de planta con 91 cm, mientras que el T3 registró el mayor diámetro de tallo con 5,71 mm y 11,23 vainas por planta; por su parte, la inoculación combinada T5 alcanzó el mayor número de granos por vaina con 18,53, evidenciando que la aplicación de biofertilizantes mejoró las variables de crecimiento y los componentes del rendimiento del frijol en comparación con el tratamiento testigo. Se concluye que la inoculación con HMA, *Rhizobium etli* y su aplicación conjunta favorecieron el desarrollo vegetativo y la productividad del cultivo.

Meena et. al (2018) realizó en India, la investigación titulada “Estudios sobre biofertilizantes en el rendimiento y las características de calidad de cultivares de judía verde (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de Lucknow”, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes biofertilizantes (*Azotobacter*, bacterias solubilizadoras de fósforo, *Rhizobium*, *Azospirillum* y micorrizas arbusculares) sobre cultivares de frijol francés. Se empleó un diseño de bloques completos al azar factorial con 18 tratamientos y tres repeticiones. Se evaluaron tres cultivares de frijol francés y diferentes biofertilizantes, registrándose variables agronómicas y productivas como días a la floración, número de vainas por planta, número de granos por vaina, longitud de vaina, peso de semillas y rendimiento del cultivo. Los datos obtenidos fueron analizados mediante procedimientos estadísticos estándar para determinar el efecto de los tratamientos. Los resultados mostraron que el tratamiento con *Rhizobium* presentó mejores respuestas productivas, registrando 40,42 días a la primera floración, 19,13 vainas por planta, 38,09 g de peso de 100 semillas y 150,63 kg/ha de rendimiento. Asimismo, la interacción PDR-14 + *Rhizobium* obtuvo los mayores valores, con 47,12 días al 50 % de floración, 23,44 vainas por planta, 7,99 granos por vaina, 40,16 g de peso de 100 semillas y 166,66 q/ha de rendimiento, superando a los demás tratamientos. Se concluye que la aplicación de *Rhizobium* mejora las características agronómicas y productivas del frijol,

incrementando principalmente los componentes del rendimiento y la producción final del cultivo.

Romero et al. (2016) desarrollaron en México, la investigación titulada “Respuesta de *Phaseolus vulgaris* a microorganismos promotores de crecimiento vegetal”, con el objetivo de analizar la respuesta de *P. vulgaris* a la inoculación individual con *B. cereus* *R etli* y *T. harzianum* y/o en consorcio a dosis reducida del FN al 50%. Se empleó la metodología de un diseño de bloques al azar, en el cual las semillas fueron inoculadas de forma individual con *Bacillus cereus*, *Rhizobium etli* y *Trichoderma harzianum*, además de un tratamiento con el consorcio de estos microorganismos y un tratamiento testigo fertilizado con el 100 % de nitrógeno. Se evaluaron el porcentaje y los días a la germinación, la altura de planta, la longitud radical, el peso fresco y seco de la parte aérea y de la raíz. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Los resultados evidenciaron que la inoculación con *Rhizobium etli* y *Trichoderma harzianum* alcanzó los mayores porcentajes de germinación, con 100 % y 95,8 %, respectivamente, registrando además los menores tiempos de emergencia con 4,8 y 4,5 días. Se concluye que la inoculación con *Rhizobium etli* y *Trichoderma harzianum* favoreció la germinación y el crecimiento inicial del cultivo de frijol.

Liriano et. al (2012) desarrollaron en Cuba, la investigación titulada “Efecto de la aplicación de *Rhizobium* y Micorriza en el crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) variedad CC-25-9 negro”, con el objetivo de evaluar la efectividad de la aplicación de *Rhizobium* y micorriza sobre el crecimiento del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), variedad CC-25-9 negro. Se empleó la metodología de un diseño de bloques completos al Azar con cuatro tratamientos: testigo, *Rhizobium*, micorrizas y la combinación *Rhizobium* + micorrizas, evaluándose variables de crecimiento como altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas trifoliadas y número de nódulos por planta; asimismo, en la etapa de cosecha se determinaron el rendimiento y sus componentes. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y la prueba de comparación de medias de Duncan. Los resultados mostraron que el T4 presentó la mejor respuesta agronómica en el cultivo de frijol, alcanzando una altura de planta de 54,73 cm, diámetro de tallo

de 7,75 mm, 63,18 vainas por planta, rendimiento de 2,54 t/ha, valor superior al tratamiento testigo que obtuvo 0,91 t/ha y el T2 registró el mayor peso de 100 granos con 27,60 g, evidenciando el efecto positivo de los biofertilizantes. Se concluye que la aplicación del T4 mejora el crecimiento y rendimiento del frijol, destacando su efecto positivo en las principales variables agronómicas y productivas evaluadas.

2.1.2. Nacional

Chacón (2025) desarrolló en Cajamarca, Perú la tesis titulada “Efecto de la fertilización biológica mixta en el rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en Jesús – Cajamarca, 2024”, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes asociaciones bacterianas sobre el rendimiento del cultivo de frijol. La metodología consistió en un diseño de bloques completamente al azar con 3 repeticiones y 7 tratamientos: T0 (testigo), T1 (*Rhizobium*), T2 (*Azotobacter*), T3 (*Azospirillum*), T4 (T1+T2), T5 (T1+T3) y T6 (T1+T2+T3), aplicados mediante la inoculación de las semillas. Se analizaron variables como la altura de planta, conteo y peso de vainas, y rendimiento total. Los resultados indicaron que el tratamiento T2 fue el más eficiente con 15,232.07 kg. ha⁻¹, 50 vainas por planta y una altura de 42.87 cm, seguido por T3 y T1 con 13,570.94 kg. ha⁻¹ y 13,104.27 kg. ha⁻¹ respectivamente; mientras que las mezclas (T4, T5 y T6) mostraron rendimientos inferiores entre 9,208.10 y 9,995.91 kg. ha⁻¹. Se concluyó que la aplicación individual de *Azotobacter* (T2) constituye la estrategia más eficaz al lograr un incremento del 176% en el rendimiento respecto al testigo.

Julca & Raymundo (2024) realizaron en Barranca, Perú, la tesis titulada “Evaluación de la eficiencia de biofertilizantes en el cultivo de frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) – Barranca”, con el objetivo de evaluar la influencia de los biofertilizantes en el cultivo de frijol canario. Se empleó la metodología de un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial 4 × 4 y tres repeticiones, evaluándose variables como días a la emergencia, días a la floración, número de flores por planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso fresco a la floración, peso de 100 semillas y rendimiento (kg/ha). Los datos obtenidos fueron analizados mediante ANOVA y la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 %. Los resultados mostraron que la aplicación de

biofertilizantes en combinación con abonos orgánicos mejoró el crecimiento y rendimiento del cultivo, el tratamiento ajinofer + biol + *Rhizobium* registró 54,6 días a la floración, mientras que ajinofer + micorriza alcanzó 34,33 flores por planta y ajinofer + *Rhizobium* obtuvo 110,84 g/planta de biomasa fresca. En cuanto a los componentes del rendimiento, el tratamiento ajinofer + biol + *Rhizobium* + micorriza presentó los mejores resultados, con 17,72 vainas por planta, 3,67 granos por vaina, 47,90 g de peso de 100 semillas y un rendimiento de 4467,37 kg/ha. Se concluye que el uso combinado de biofertilizantes y abonos orgánicos constituye una alternativa eficiente para mejorar la productividad del cultivo bajo un enfoque sostenible.

Lapa et al. (2024) realizaron en Perú, la investigación titulada “Efectividad de diferentes cepas de rizobios sobre el rendimiento del cultivo de frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) en Perú”, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de las cepas E10 y LMT-R28 de rizobios sobre el rendimiento del cultivo de frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.). Se empleó la metodología de un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos (cepa E10, cepa LMT-R28, fertilización nitrogenada y testigo), cada uno con cuatro repeticiones, evaluándose variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol, incluyendo altura de planta, número y tamaño de vainas, peso de 100 semillas, longitud y peso seco de raíz, así como rendimiento final del cultivo. El análisis de datos se realizó mediante ANOVA ($p \leq 0,05$) y, cuando se encontraron diferencias significativas, se aplicó la prueba de Duncan y el coeficiente de correlación de Pearson. Los resultados evidenciaron que las cepas de rizobios influyeron significativamente en el crecimiento y rendimiento del frijol, destacando la cepa LMT-R28 con el mayor rendimiento ($1705,12 \text{ kg ha}^{-1}$) y el mayor peso de 100 semillas (34,10 g), además de superiores valores en número y tamaño de vainas. Se concluye que la inoculación con cepas de rizobios en frijol canario genera efectos positivos en el desempeño del cultivo, destacando la cepa LMT-R28 por su mejor respuesta global en crecimiento y rendimiento en comparación con la cepa E10 y la fertilización nitrogenada.

Ruiz (2023) desarrolló en Mantaro, Perú la tesis titulada “Inoculación de cepas de rizobacterias en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Canario

Centenario en condición de campo”, con el objetivo de determinar el efecto de la inoculación de cepas de rizobacterias sobre los componentes de rendimiento del cultivo de frijol. Se empleó un diseño de bloques completamente randomizado con 7 tratamientos y 3 repeticiones, donde se inoculó 20 ml de suspensión de 5 cepas de *Rhizobium* (20 UFC/ml) directamente en las semillas, evaluando las variables: emergencia, vigorosidad, altura de planta, número de trifolios, botones florales, biomasa foliar fresca y seca, número de vainas por planta, número de semillas por vaina, peso de 100 semillas, rendimiento por planta y rendimiento por hectárea, sometiendo los datos a la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados mostraron que la cepa R. Cuba obtuvo un promedio de 43,045 g/planta en biomasa foliar fresca, mientras que las cepas R. Colombia y CIAT 899 alcanzaron 5,954 y 5,800 g/planta de materia seca, respectivamente. Se concluyó que la inoculación de la cepa nativa R. Colombia posee un efecto potencial sobre los componentes del rendimiento del frijol, logrando superar a la fertilización nitrogenada convencional en 250.79 kg. ha⁻¹.

Chávez (2022) realizó en Yarinacocha, Perú la tesis sobre la “Colecta e inoculación de *Rhizobium* sp. asociados a raíces de *Phaseolus vulgaris* (frijol) en un suelo entisol de la localidad de Nueva Requena – Pucallpa”, con el objetivo de evaluar colecta e inoculación *Rhizobium* sp asociados raíces *Phaseolus vulgaris* (frijol) en suelo entisol de localidad Nueva Requena - Pucallpa. Se empleó la metodología de un diseño completamente al azar con dos tratamientos, T1 (sin *Rhizobium* sp.) y T2 (con *Rhizobium* sp.), cada uno con cuatro repeticiones, conformando 12 unidades experimentales, evaluándose los variables como tiempo y porcentaje de germinación, días a la floración, número de nódulos por planta, número y tamaño de vainas, peso de vainas por planta y rendimiento del cultivo. Los datos obtenidos fueron analizados mediante media, coeficiente de variación, ANOVA y la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % de significancia. Los resultados mostraron que el tratamiento T2 obtuvo el mejor desempeño, logrando una germinación en 4 días, 95,50 % de germinación, 26,25 nódulos por planta, 42,25 vainas por planta, 16,50 cm de longitud de vaina, 5,83 g de peso de vaina por planta y un rendimiento de 2 510 kg/ha, superando al T1 sin inoculación en todas las variables evaluadas. Se concluye que la aplicación de

Rhizobium sp. mejora significativamente la productividad del cultivo de frijol al favorecer la fijación biológica de nitrógeno y el desarrollo del cultivo.

Simon (2022) realizó en Huánuco, Perú la tesis titulada “Efecto del biol en el rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad Canario 2000 en condiciones agroecológicas Umari - Pachitea 2021”, con el objetivo de evaluar el efecto del Biol en el rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolusvulgaris*) variedad Canario 2000 en condiciones agroecológicas Umari – Pachitea. Se empleó la metodología de un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos (T1: 1 L Bio/10 L de agua, T2: 0,5 L Bio/10 L de agua, T3: 0,25 L Bio/10 L de agua y un tratamiento control), distribuidos en cuatro repeticiones. Se evaluaron variables de rendimiento, como número y peso de vainas por golpe, peso de 100 granos y rendimiento por área neta y por hectárea. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y, cuando se detectaron diferencias significativas, las medias se compararon con la prueba de Duncan a niveles de significancia de 0,05 y 0,01. Los resultados mostraron que el tratamiento T1 (1 L de biol/10 L de agua) presentó los mejores resultados, alcanzando 48,03 vainas por planta, 68,20 g de peso de 100 semillas y un rendimiento de 2 365,00 kg/ha, superando a los demás tratamientos evaluados. Se concluye que la aplicación de 1 L de biol por 10 L de agua constituye la dosis más eficiente para incrementar el rendimiento del frijol variedad Canario 2000.

Hidalgo et al. (2019) realizaron en Trujillo, Perú la investigación titulada “Coinoculación de *Rhizophagus irregularis* y *Rhizobium* sp. en *Phaseolus vulgaris* L. var. canario (Fabaceae) “frijol canario””, con el objetivo de evaluar el efecto de la coinoculación de *Rhizophagus irregularis* y *Rhizobium* sp. sobre el crecimiento de P. vulgaris. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) en condiciones de invernadero, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones: testigo, *Rhizobium* sp., *Rhizophagus irregularis* y coinoculación de ambos microorganismos, la inoculación se realizó en la etapa inicial del cultivo y durante el trasplante, según el microorganismo. Se evaluaron variables de crecimiento, biomasa y rendimiento, incluyendo número de hojas, número de nudos, longitud y diámetro de tallo, área foliar, peso fresco y seco de parte aérea, número y peso total de vainas, número total de semillas, número de semillas por vaina, peso total

y peso de 100 semillas. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y prueba de Duncan ($p \leq 0.05$). Los resultados mostraron, la micorrización individual no presentó efectos significativos en variables de crecimiento. Sin embargo, sí mostró diferencias en algunos componentes del rendimiento, especialmente en el número de semillas por planta (22,4 semillas), el peso de semillas (10,2 g) y el peso de 100 semillas (45,7) en comparación con el testigo. Se concluye, la coinoculación de *Rhizophagus irregularis* y *Rhizobium* sp. mostró los mejores resultados generales, destacando en variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de *Phaseolus vulgaris* var. canario bajo condiciones de invernadero.

Vilchez (2015) desarrolló en Lima, Perú la tesis sobre el “Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Molinero PLV 1-3 con fertilización fosfo-potásica y cepas de *Rhizobium* sp. en La Molina”, con el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización fosfo-potásica y de la inoculación de *Rhizobium* sp. en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Molinero PLV 13. Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con ocho tratamientos (T1: Cepa E-10, T2: Cepa E-10 PK, T3: Cepa E-14, T4: Cepa E-14 PK, T5: NPK, T6: Testigo, T7: PK y T8: N+) con 3 repeticiones, evaluándose variables relacionadas con el rendimiento de grano seco, sus componentes y la nodulación del cultivo. El análisis de datos se realizó mediante ANOVA, y la comparación de medias se efectuó con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) utilizando el software estadístico SAS. Los resultados mostraron que, dentro de los tratamientos con inoculación, el T2 alcanzó 2 676 kg/ha, seguido del T3 con 2 563 kg/ha y el T1 con 2 307 kg/ha, evidenciándose mejor desempeño de las cepas inoculadas frente al testigo (2 123 kg/ha). Se concluye que las cepas de rizobios junto con la fertilización influyen en la nodulación y algunos componentes del rendimiento.

2.1.3. Local

A nivel local, no se encontraron antecedentes de investigación relacionados con la evaluación del efecto de biofertilizantes microbianos sobre el desarrollo productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de riego tecnificado en la provincia de Huanta.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa anual perteneciente a la familia *Fabaceae*, cultivada en diversas regiones por su capacidad de adaptación a diferentes condiciones agroecológicas y sistemas de producción. Sin embargo, su manejo agronómico depende principalmente de una adecuada disponibilidad hídrica y nutricional, factores que influyen directamente en el crecimiento y rendimiento del cultivo; por ello, actualmente se emplean tecnologías como el riego tecnificado y la aplicación de biofertilizantes microbianos para aumentar su desarrollo productivo bajo un enfoque sostenible (Cardoso et al., 2024; Karavidas et al., 2022).

2.2.1.1. Origen y evolución

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una especie originaria del continente americano, cuyo centro de origen se localiza en Mesoamérica especialmente en México, con el paso del tiempo esta especie se dispersó hacia Sudamérica y logró adaptarse a distintas condiciones ecológicas presentes en países andinos como Perú, Bolivia, Ecuador y Argentina. Este proceso favoreció la diferenciación genética del cultivo y permitió la formación de dos principales acervos genéticos, el mesoamericano y el andino, los cuales presentan características morfológicas y agronómicas distintas asociadas a procesos de domesticación y selección humana desarrollados a lo largo de su evolución (Bitocchi et al., 2012).

2.2.1.2. Importancia del Cultivo

Importancia nutricional

El frijol es una de las leguminosas alimenticias más importantes a nivel mundial debido a su elevado valor nutritivo y a su contribución a la seguridad alimentaria de millones de personas, su importancia radica en que constituye una fuente accesible de proteína vegetal de alta calidad,

especialmente en países en desarrollo donde el acceso a proteínas de origen animal es limitado (Bogweh & Ageyo, 2021; Cid et al., 2023).

Según Cayetano et al. (2022), el grano de frijol contiene entre 20 y 23 % de proteína y entre 59 y 60 % de carbohidratos (Tab. 2), características que lo convierten en una importante fuente de energía y nutrientes para la población. Asimismo, diversos estudios destacan su contenido de fibra, hierro, magnesio, zinc y vitaminas del complejo B, nutrientes que contribuyen al adecuado funcionamiento del organismo y a la prevención de problemas nutricionales asociados a dietas deficientes.

Tabla 2

Composición nutricional

Componente	Contenido (%)
Proteína	20 – 23
Carbohidratos	59 – 60
Fibra dietética	4 – 6
Lípidos	1 – 2
Cenizas	3 – 5
Humedad	10 – 14

Nota. Adaptado de Cayetano et al. (2022).

Importancia económica

El frijol constituye un cultivo de gran relevancia para miles de agricultores debido a su amplia aceptación en el mercado y a la demanda constante para consumo humano, su producción representa una fuente de ingresos para numerosas familias rurales y forma parte de los sistemas agrícolas tradicionales en diferentes regiones del mundo, a su debido valor comercial y capacidad de adaptarse a diversas condiciones ambientales, el cultivo continúa siendo una alternativa productiva importante para pequeños y medianos productores (Valladolid, 2001). En el Perú, el frijol es una de las menestras de mayor importancia dentro de la agricultura nacional y ocupa un lugar destacado entre los cultivos destinados al consumo interno; su relevancia económica no solo está asociada a la

comercialización del grano, sino también al papel que desempeña en la generación de empleo e ingresos en las unidades productivas familiares, contribuyendo al sustento económico de numerosas familias agricultoras (Hidalgo, 2010).

2.2.1.3. Situación actual del cultivo

El frijol común constituye una de las leguminosas de mayor importancia a nivel mundial debido a su contribución a la seguridad alimentaria y a su elevado valor nutricional como fuente de proteína de origen vegetal. Según la FAOSTAT (2020), la producción mundial de frijol grano seco supera los 31 Mt, obtenidas en aproximadamente 36,6 millones de hectáreas, lo que refleja la amplia importancia económica y agrícola de este cultivo a escala global. Es decir, la mayor parte de la producción se concentra en pocos países como India lidera con cerca de 8,8 Mt, equivalente al 21 % de la producción mundial, seguida por Myanmar (4,5 Mt), Brasil (2,9 Mt) y México, con una producción superior a 1,1 Mt (FAO, 2019). Asimismo, el comercio internacional moviliza alrededor de 4 millones de toneladas anuales, siendo Myanmar el principal exportador con el 19,8 % del mercado, seguido por China (14,1 %), Estados Unidos (12,5 %) y Argentina (9,7 %), lo que evidencia la importancia económica del cultivo en el abastecimiento de los mercados internacionales (FAO, 2019).

En el Perú, el frijol común constituye una de las leguminosas de mayor importancia por su amplia distribución geográfica y su contribución a la agricultura familiar. Según MIDAGRI (2022), este cultivo se establece en una superficie que fluctúa entre 74 000 y 80 973 ha, distribuidas en 23 departamentos, representando aproximadamente el 43 % del área nacional destinada a las legumbres. Asimismo, la producción nacional alcanza un promedio de 87 641 t por campaña y constituye una importante fuente de ingresos para más de 80 000 familias dedicadas a esta actividad agrícola. En cuanto al comercio exterior, aunque gran parte de la producción se destina al abastecimiento del mercado interno, el Perú participa en mercados internacionales mediante la exportación de variedades comerciales, principalmente canario, caballero y panamito (Cayetano et al.,

2022) Asimismo, el ADEX (2024), las exportaciones anuales fluctúan entre 15 000 y 20 000 t, con un valor FOB estimado entre USD 15 y 20 millones, siendo Estados Unidos el principal destino, al concentrar alrededor del 40 % del volumen exportado. Estos resultados evidencian la importancia económica del cultivo y su potencial para fortalecer la competitividad de la agricultura peruana.

A nivel local, la producción de frijol presenta marcadas diferencias entre regiones, tanto en volumen de producción como en rendimiento por unidad de superficie, la mayor superficie cultivada se encuentra en la sierra (46%), seguida de la costa (36%) y luego la selva (18%); la costa ocupa el primer lugar en producción (47,4%) por su unidad productiva, la sierra ocupa el segundo lugar (34,4%) y la selva ocupa el tercer lugar con el 18% de la producción nacional (Simon, 2022). Es decir, Cajamarca concentra la mayor producción del país con 15 004 t, seguida por Apurímac (8 363 t), Arequipa (7 180 t) y Amazonas (6 949 t), constituyéndose como las principales regiones productoras de este cultivo, ya que el rendimiento del cultivo varía considerablemente según las condiciones agroecológicas y el nivel tecnológico empleado (INIA, 2023; Midagri, 2019). En los valles de la costa, especialmente en Arequipa y Lima, el uso de variedades mejoradas, sistemas de riego y un manejo agronómico tecnificado permite obtener rendimientos comerciales entre 1,9 y 2,5 t/ha (Aybar et al., 2025). En contraste, en varias zonas altoandinas, como Cajamarca, los rendimientos oscilan entre 0,4 y 0,6 t/ha, debido principalmente al cultivo bajo condiciones de secano, el empleo de semillas no certificadas y la persistencia de sistemas tradicionales de producción asociados con maíz amiláceo, factores que limitan la productividad y la competitividad del cultivo (INIA, 2023; Midagri, 2019).

2.2.1.4. Frijol canario variedad Centenario

La variedad canario centenario proviene de una línea de selección desarrollada por el Programa de Investigación y Proyección Social en Leguminosas y Oleaginosas de la Universidad Nacional Agraria La Molina, utilizando materiales genéticos proporcionados por la Estación

Experimental Los Pobres de Ica del Instituto Nacional de Innovación Agraria. Este cultivar presenta características agronómicas favorables relacionadas con adaptación, rendimiento y aceptación comercial, lo que ha permitido su uso en investigaciones orientadas al manejo productivo del cultivo (Medina et al., 2023; Ruiz, 2023). En la tabla 3 se presentan las principales características agronómicas del frijol cv. Centenario.

Tabla 3

Características agronómicas del frijol canario cv. Centenario

Parámetros	Canario cv. Centenario
Patrón de crecimiento	Determinado
Hábito de crecimiento	Arbustivo (Tipo I)
Periodo vegetativo	110 a 120 días
Densidad	150,000 – 214,000 plantas/ha
Altura de planta	50–60 cm
N.º de vainas/planta	15 a 30
N.º de granos/vaina	4 a 5
Color de grano	Amarillo intenso brillante
Tamaño de grano	Mediano
Peso de 100 granos	50 a 55.5 g
Forma de grano	Ovoide truncado
Calidad de grano	Muy buena
Días a floración	50 días
Color de alas de la flor	Lila blanco
Días a madurez fisiológica	90 días
Días de madurez de cosecha	110 días
Testa de la semilla	Intenso brillante
Abonamiento	80-60-60 NPK kg/ha (suelos de baja fertilidad); 40-40-40 NPK kg/ha (suelos de mediana fertilidad)
Cantidad de semilla	60–70 kg/ha (siembra manual); 90–100 kg/ha (siembra mecánica)
Reacción a enfermedades	Resistente al Virus del Mosaico Común; tolerante a roya

Rendimiento máximo	Costa: 2,000–2,500 kg/ha; Sierra baja:
Promedio	1,500–1,800 kg/ha
Aceptación comercial	Buena
Adaptación	Costa central, costa norte y sur; siembras de marzo a mayo

Nota. Adaptado de Ruiz (2023).

2.2.2. Características Botánicas

2.2.2.1. Taxonomía

Según CIAT (2003) citado por (Ramírez, 2018), se han establecido bases sólidas para la taxonomía del género *Phaseolus*, la cual se presenta la clasificación taxonómica del frijol común a continuación:

Reino: Plantae
 División: Magnoliophyta
 Clase: Dicotyledoneae
 Orden: Fabales
 Familia: Leguminosae (*Fabaceae*)
 Tribu: Phaseolae
 Subtribu: Phaseolinae
 Género: *Phaseolus*
 Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

2.2.3. Morfología

Vásquez (2023) y Medina (2022), describen la morfología del cultivo de frijol común como la estructura y organización de sus órganos vegetativos y reproductivos, es decir, las características externas que componen cada órgano observable a escala macroscópica y microscópica:

2.2.3.1. Órganos vegetativos

a) Raíz

El sistema radicular del frijol se origina a partir de la radícula del embrión la cual da lugar a la raíz principal; conforme avanza el desarrollo inicial de la planta se forman raíces secundarias, terciarias y pelos absorbentes encargados de absorción de agua y nutrientes. Generalmente, presenta un desarrollo superficial, concentrando gran parte de sus raíces en los primeros centímetros (20 a 30 cm) del suelo, además de nódulos en raíces laterales donde bacterias del género *Rhizobium* realizan fijación biológica de nitrógeno; su crecimiento y distribución dependen de las características del suelo.

b) Tallos y ramas

El tallo constituye el eje principal de la planta y está conformado por nudos y entrenudos, originándose a partir del meristemo apical del embrión. Durante el crecimiento inicial presenta dominancia apical, favoreciendo la formación de nuevos nudos donde se insertan hojas y cotiledones. Por su parte, las ramas se desarrollan a partir de yemas axilares localizadas en la unión entre hojas y tallo, pudiendo originar estructuras vegetativas o reproductivas según el hábito de crecimiento de la planta.

c) Hojas

Las hojas del frijol se presentan en dos tipos, distribuidas en los nudos del tallo y las ramas. Las hojas primarias son simples y aparecen en las primeras etapas de desarrollo, mientras que las hojas compuestas trifoliadas constituyen el follaje característico del cultivo, conformadas por tres folíolos, pecíolo y raquis. Asimismo, pueden presentar variaciones en coloración y pilosidad según la variedad.

d) Inflorescencia

Las inflorescencias del frijol pueden presentarse de forma terminal o axilar y están conformadas por agrupaciones florales organizadas en racimos; su estructura comprende principalmente el eje floral, botones florales y otras partes que intervienen en el desarrollo reproductivo de la planta.

2.2.3.2. Órganos reproductivos

e) Flor

La flor del frijol presenta estructura papilionácea característica de las leguminosas, ya que durante su desarrollo atraviesa la fase de botón floral hasta alcanzar la apertura completa, momento en el que ocurre la floración y se inicia el proceso reproductivo de la planta.

f) Fruto

El fruto del frijol corresponde a una vaina formada por dos valvas provenientes del ovario, característica que permite clasificar a esta especie dentro de las leguminosas, asimismo, las vainas pueden presentar variaciones de color y forma según la variedad, conteniendo en su interior las semillas en desarrollo.

g) Semilla

La semilla del frijol se caracteriza por concentrar sus reservas nutritivas en los cotiledones debido a la ausencia de albumen. Puede presentar diversas formas ovalada, redonda, cilíndrica o arriñonada, además de una amplia variación de colores blanco, crema, rojo, amarillo, café y morado características que contribuyen a la diferenciación de variedades.

2.2.4. Hábito de crecimiento

Julca y Raymundo (2024) y Huamán (2024), refieren que el cultivo de frijol común puede agruparse en cuatro tipos de hábitos de crecimiento (Fig. 1), clasificación respaldada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

a) Hábito de crecimiento determinado

Tipo I (determinado arbustivo): Se caracteriza porque el tallo principal y las ramas finalizan en una inflorescencia, deteniendo su crecimiento vegetativo después de la floración, presenta porte compacto, maduración uniforme y ciclo relativamente corto.

b) Hábito de crecimiento indeterminado

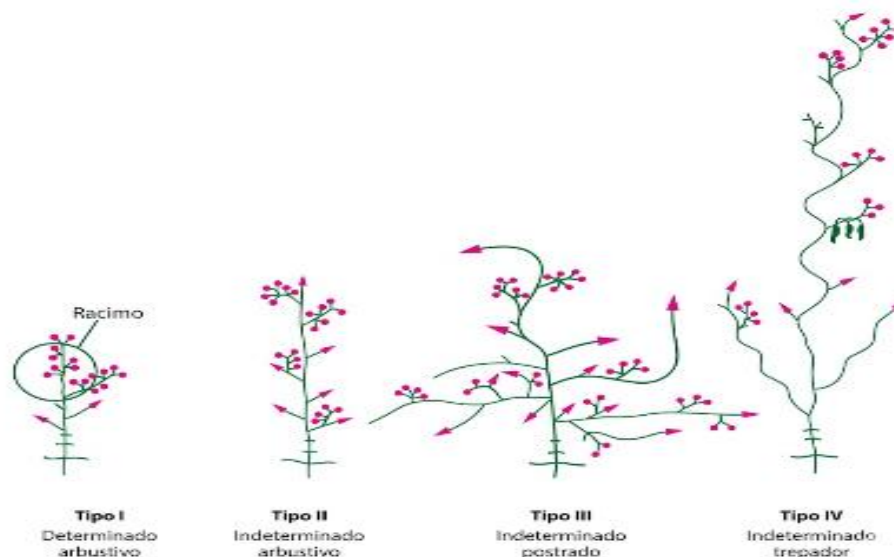
Tipo II (indeterminado arbustivo): Presenta tallos erectos sin capacidad de trepar, el crecimiento vegetativo continúa aun después del inicio de la floración, mostrando mayor desarrollo de ramas y entrenudos.

Tipo III (indeterminado postrado): Se caracteriza por plantas de crecimiento continuo con hábito postrado o semipostrado, ramas extendidas y mayor desarrollo lateral.

Tipo IV (indeterminado trepador): Presenta crecimiento continuo y hábito trepador, requiriendo soporte para un adecuado desarrollo debido a su marcada dominancia apical.

Figura 1

Hábitos de crecimiento del frijol común



Nota. Adaptado de Vásquez (2023).

2.2.5. Fenología del Cultivo

Vásquez et al. (2023) describen la fenología del cultivo de frijol común, la cual comprende las siguientes etapas de desarrollo, la figura 12 presenta un esquema resumido de dichas etapas.

2.2.5.1. Etapa Vegetativa

a) Etapa VO: germinación

La germinación se inicia cuando la semilla absorbe agua y activa sus procesos metabólicos, provocando su hinchamiento y posterior emergencia. En esta fase aparece primero la radícula, la cual se desarrolla hasta formar la raíz primaria; posteriormente se originan raíces secundarias y terciarias que contribuyen al establecimiento inicial de la planta, conforme continúa el crecimiento el hipocótilo se alarga y permite la emergencia de los cotiledones sobre la superficie del suelo (Fig. 2).

Figura 2

Germinación del frijol canario cv.

**b) Etapa V1: emergencia**

Esta fase inicia cuando aproximadamente el 50 % de las plántulas emergen y los cotiledones se observan sobre la superficie del suelo (Fig. 3), ya que durante esta etapa el hipocótilo continúa su crecimiento hasta alcanzar su desarrollo inicial, mientras las hojas primarias se expanden progresivamente. Asimismo, los órganos aéreos adquieren coloración verde, aunque en algunas variedades puede presentarse pigmentación rosada o morada, principalmente en el hipocótilo.

Figura 3

Emergencia del frijol canario cv. Centenario



c) Etapa V2: aparición de hojas primarias

Esta etapa comienza cuando el 50 % de las plantas presentan las hojas primarias completamente desplegadas (Fig. 4). Es decir, las hojas son simples, unifoliadas y se disponen de forma opuesta en el segundo nudo del tallo principal, adoptando generalmente una posición horizontal y en esta fase también es visible la yema terminal del tallo principal ubicada entre ambas hojas primarias.

Figura 4

Primera hoja del frijol canario cv. Centenario

**d) Etapa V3: primera hoja trifoliada**

Esta etapa inicia cuando el 50 % de las plantas presentan desplegada la primera hoja trifoliada (Fig. 5). En esta fase, el entrenudo entre las hojas primarias y la primera hoja trifoliada aún es corto, al igual que el pecíolo de esta última. Asimismo, puede observarse el desarrollo inicial de la segunda hoja trifoliada, mientras los cotiledones se encuentran secos o desprendidos y hacia el final de esta etapa comienza la formación de la primera rama a partir de la yema axilar.

Figura 5

Primera hoja trifoliada del frijol canario cv.



e) Etapa V4: tercera hoja trifoliada

Esta etapa se inicia cuando el 50 % de las plantas presentan desplegada la tercera hoja trifoliada (Fig. 6). Durante esta fase continúa el crecimiento vegetativo de la planta, observándose el desarrollo de ramas a partir de las yemas axilares ubicadas en los diferentes nudos; también el número y desarrollo de ramas dependen principalmente del genotipo y de las condiciones de cultivo.

Figura 6

Tercera hoja trifoliada del frijol canario cv.

**2.2.5.2. Etapa Reproductiva****f) Etapa R5: prefloración**

Esta etapa marca el inicio de la fase reproductiva y comienza cuando el 50 % de las plantas presentan los primeros botones florales o racimos florales visibles (Fig. 7). Durante esta fase se desarrollan las estructuras florales iniciales, observándose el alargamiento de los pedúnculos y la aparición progresiva de la corola con la pigmentación característica de la variedad.

Figura 7

Prefloración del frijol canario cv. Centenario



g) Etapa R6: floración

Esta etapa inicia cuando el 50 % de las plantas presentan al menos una flor abierta (Fig. 8). Durante esta fase ocurre la apertura floral y continúa el desarrollo de racimos, siguiendo un patrón de floración que varía según el hábito de crecimiento de la variedad.

Figura 8

Floración del frijol canario cv. Centenario

**h) Etapa R7: formación de vainas**

Esta etapa inicia cuando el 50 % de las plantas presentan la primera vaina visible después de la fecundación floral (Fig. 9). En esta fase comienza el crecimiento de las vainas, mientras la corola se marchita y se desprende progresivamente, por lo cual el desarrollo de esta etapa finaliza cuando las vainas alcanzan su máxima longitud, dando paso al llenado de granos.

Figura 9

Formación de vainas del frijol canario cv. Centenario



i) Etapa R8: llenado de vainas

Esta etapa inicia cuando el 50 % de las plantas presentan vainas que han detenido su crecimiento longitudinal e inician el llenado de semillas (Fig. 10). Durante esta fase, las semillas incrementan su tamaño y comienzan a desarrollar su pigmentación característica y se observa el inicio de la defoliación progresiva de la planta.

Figura 10

Llenado de vainas del frijol canario cv. Centenario

**j) Etapa R9: maduración**

Esta etapa inicia cuando el 50 % de las plantas presentan vainas con cambio de coloración de verde a tonalidades amarillentas o pigmentadas (Fig. 11). Durante esta fase ocurre el secado progresivo de hojas, vainas y semillas, reduciendo su contenido de humedad hasta aproximadamente 15 %, lo que indica que el cultivo ha alcanzado condiciones próximas para la cosecha.

Figura 11

Maduración del frijol canario cv. Centenario



Figura 12*Fenología del frijol común*

Germinación	Emergencia	Hojas primarias	Primera hoja trifoliada	Tercera hoja trifoliada	Prefloración	Floración	Formación de vainas	Llenado de vainas	Maduración
V0	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9
Fase vegetativa					Formación de estructuras				
					FASE REPRODUCTIVA				
Siembra					Primer botón floral			15% de humedad	

Nota. Adaptado de Espinoza (2009).

2.2.6. Fisiología y nutrición

2.2.6.1. Fotosíntesis y metabolismo C3

Según Yánac (2018), la fotosíntesis es uno de los procesos fisiológicos más importantes en el cultivo de frijol, debido a que permite transformar la energía lumínica en energía química necesaria para el crecimiento y desarrollo de la planta. A través de este proceso, el vegetal utiliza CO₂ y agua para formar carbohidratos que participan en la producción de biomasa y formación de tejidos. El crecimiento vegetal depende del balance entre fotosíntesis, respiración y pérdidas ocasionadas por factores externos, lo cual puede expresarse mediante la siguiente relación:

$$\text{Crecimiento} = \text{Fotosíntesis} - (\text{Respiración} + \text{Abscisión} + \text{pérdidas por plaga})$$

$$CR = FT - (RE + AB + PP)$$

Donde:

CR: Crecimiento.

FT: Fotosíntesis total.

RE: Respiración celular.

AB: Abscisión vegetal.

PP: Pérdidas por patógenos.

Asimismo, bajo condiciones edafoclimáticas optimas, la actividad fotosintética de esta leguminosa es capaz de producir cerca de 40 t/ha de materia seca a lo largo de una campaña; sin embargo, gran parte de esta energía es utilizada en los procesos metabólicos y mantenimiento de la planta (Ruiz, 2023; Yánac, 2018).

El frijol común pertenece al grupo de plantas con metabolismo C₃, caracterizadas porque el primer compuesto formado durante la fijación del CO₂ contiene tres átomos de carbono. En este mecanismo participa la enzima rubisco, responsable de captar el dióxido de carbono durante la fotosíntesis. Las especies C₃ presentan fotorrespiración, proceso que genera pérdidas de carbono y disminuye parcialmente la eficiencia fotosintética, especialmente bajo condiciones de altas temperaturas y limitada disponibilidad de agua. Algunos estudios indican que este proceso puede representar pérdidas cercanas al 30% de los carbohidratos sintetizados, razón por la cual cultivos C₄, como maíz y sorgo, presentan mayor eficiencia fotosintética en ambientes cálidos y secos (Chávez & Vásquez, 2021; Medina et al., 2023).

Por otra parte, el metabolismo del nitrógeno cumple una función importante en el desarrollo del frijol, debido a que este elemento participa en la formación de clorofila, enzimas y proteínas relacionadas con la actividad fotosintética. El contenido proteico de la semilla generalmente varía entre 20 y 24%, representando aproximadamente 4% de nitrógeno; por ello, para producir 1 t de grano se requieren cerca de 40 kg de nitrógeno (Yánac, 2018). Asimismo, cuando la semilla contiene alrededor de 70% de carbohidratos, 25% de proteínas, 2% de lignina y 3% de aceites, la planta necesita aproximadamente 1,5 g de carbohidratos para formar 1 g de semilla, evidenciando el elevado requerimiento energético durante el llenado de grano.

2.2.6.2. Fijación biológica de nitrógeno (FBN)

La FBN es un proceso importante en las leguminosas, debido a que permite transformar el nitrógeno atmosférico (N_2) en formas aprovechables para la planta, principalmente amonio. Según Guzman y Luna (2024), señalan que este mecanismo representa una etapa fundamental dentro del ciclo biogeoquímico del nitrógeno, ya que facilita el ingreso del nitrógeno molecular al sistema suelo-planta. Además, este proceso ocurre gracias a la acción de bacterias fijadoras que establecen asociaciones simbióticas con las raíces que forman nódulos en las raíces. La simbiosis entre las leguminosas y bacterias del género *Rhizobium* beneficia a ambos organismos, ya que las bacterias suministran nitrógeno fijado a la planta, mientras la planta proporciona carbohidratos y compuestos energéticos para su desarrollo (Chávez, 2022). Asimismo, Guzman y Luna (2024) señalan que la mayoría de bacterias fijadoras viven libremente en el suelo; sin embargo, solo algunas tienen la capacidad de formar asociaciones simbióticas y entre los géneros más relacionados con las leguminosas se encuentran *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium* y *Sinorhizobium*, conocidos de manera general como rizobios.

La nodulación es el resultado de un proceso coordinado entre la planta y las bacterias fijadoras durante esta interacción, la raíz libera señales químicas, principalmente flavonoides, que atraen a las bacterias presentes en la rizósfera. Posteriormente, las bacterias penetran la raíz mediante un tubo de infección y se establecen en la corteza radicular, donde se forman los nódulos, dentro de estas estructuras ocurre la actividad de la enzima nitrogenasa responsable de convertir el nitrógeno atmosférico en amonio utilizable por la planta favoreciendo así el crecimiento y desarrollo del cultivo (Ramírez, 2018; Ruiz, 2023).

2.2.7. Fertilización

La fertilización en el cultivo de frijol debe realizarse desde la siembra, debido a que la planta presenta un ciclo vegetativo corto y necesita disponer de nutrientes desde las primeras etapas de desarrollo, ya que una adecuada nutrición

favorece el crecimiento, floración y formación de vainas, mientras que la deficiencia de nutrientes puede reducir el rendimiento y afectar el desarrollo del cultivo. Además, el frijol requiere elementos como nitrógeno, fósforo y potasio en cantidades equilibradas para garantizar una buena producción, ya que los requerimientos nutricionales del cultivo dependen del potencial de rendimiento, fertilidad del suelo, condiciones climáticas y manejo agronómico aplicado (Rojas & Solano, 2020). Asimismo, para producir aproximadamente 2.5 t/ha de frijol, el cultivo demanda alrededor de 105 kg/ha de nitrógeno (N), 10 kg/ha de fósforo (P_2O_5), 120 kg/ha de potasio (K_2O) y 10 kg/ha de magnesio (MgO), siendo estos requerimientos directamente proporcionales al rendimiento esperado del cultivo (Rojas & Solano, 2020; Vásquez et al., 2023).

Las plantas obtienen nutrientes principalmente del suelo y del agua, por lo que una extracción continua sin reposición disminuye progresivamente la fertilidad del suelo. En el cultivo de frijol, los nutrientes más demandados son nitrógeno, fósforo y potasio, además de elementos menores como zinc y azufre. El frijol absorbe mayores cantidades de N, K y Ca, mientras que Mg, S y P son requeridos en menores proporciones. Por ello, el análisis químico del suelo permite establecer dosis adecuadas de fertilización y mejorar el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo, especialmente en suelos pobres o erosionados (Segura, 2021). Por otra parte, para el cultivo de frijol canario se recomiendan aplicaciones aproximadas de 0.06 t de N/ha, 0.08 t de P_2O_5 /ha y 0.02 t de K_2O /ha, con la finalidad de obtener rendimientos entre 1.5 y 2.0 t/ha. Asimismo, se indica que dosis de 0.04 y 0.06 t de N/ha complementadas con 0.04 t de ácido fosfórico agrícola favorecen el crecimiento vegetativo, fortalecen el desarrollo radicular y contribuyen a mejorar la productividad del cultivo, siempre que la fertilización sea aplicada de manera equilibrada (Vilchez, 2024).

2.2.8. Requerimientos edafoclimáticos

2.2.8.1. Suelo

Chávez (2020), señala que el cultivo de frijol puede desarrollarse en diferentes tipos de suelo, incluyendo ultisoles, inceptisoles y andisoles, siempre que presenten buena porosidad, adecuada aireación y profundidad

aproximada de 35 a 40 cm, condiciones que favorecen el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes. Por su parte, el MIDAGRI (2019) indica que el frijol se adapta mejor a suelos de textura franco arenosa, franco, franco limoso o franco arcilloso, moderadamente profundos, con buen drenaje, pendiente menor al 8 % y pH entre 5,6 y 7,3, aunque puede tolerar rangos ligeramente superiores según las condiciones del suelo. La humedad del suelo cumple un papel importante en el desarrollo del cultivo, debido a que influye directamente en el crecimiento radicular y en la fijación biológica de nitrógeno y la condición ideal corresponde aproximadamente al 70 % de capacidad de campo, evitando tanto el riego excesivo o encharcamiento como el déficit hídrico, ya que ambas condiciones generan efectos adversos sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo.

2.2.8.2. Temperatura

El cultivo de frijol presenta un amplio rango de adaptación térmica entre variedades, desarrollándose favorablemente en temperaturas promedio de 15 a 27 °C, aunque su óptima producción se encuentra entre 18 y 24 °C en climas tropicales y templados. Sin embargo, temperaturas extremas superiores a 40 °C o inferiores a 5 °C por periodos prolongados pueden ocasionar daños fisiológicos, problemas de esterilidad o disminución de la floración, afectando el rendimiento del cultivo. Asimismo, el frijol se adapta a zonas ubicadas entre 200 y 2900 m s. n. m., dependiendo de la variedad y condiciones ambientales (Chávez, 2020; Liñan, 2023).

2.2.8.3. Luminosidad

La luminosidad cumple un papel importante en el desarrollo del cultivo de frijol, debido a su influencia en la fotosíntesis, crecimiento y procesos fenológicos de la planta. Asimismo, condiciones inadecuadas de luz pueden generar alteraciones en el desarrollo, por lo que se recomienda establecer la siembra en épocas apropiadas que permitan una adecuada disponibilidad lumínica para el cultivo (Ramirez Salas, 2018).

2.2.8.4. Precipitación pluvial

El agua constituye un factor indispensable para el crecimiento y desarrollo del cultivo de frijol, requiriendo una precipitación promedio entre 400 y 600 mm durante su ciclo, equivalente aproximadamente a 3–5 mm diarios distribuidos de manera uniforme, especialmente en las etapas de germinación, floración y llenado de vainas (Ramirez, 2018; Ruiz, 2023).

2.2.8.5. Humedad de suelo

La humedad del suelo debe mantenerse distribuida de manera uniforme durante el desarrollo del cultivo, adquiriendo mayor importancia en las etapas de floración y fructificación, para favorecer el crecimiento radicular y la fijación biológica de nitrógeno, por lo que se debe mantener una humedad cercana al 70 % de capacidad de campo, evitando déficit hídrico o exceso de agua que puedan afectar el desarrollo del cultivo (Liñan, 2023; Ramirez, 2018).

2.2.8.6. Humedad relativa

La humedad relativa influye en el crecimiento y desarrollo del cultivo de frijol, siendo recomendable valores de 60 a 65 % durante las primeras etapas y de 65 a 75 % en fases posteriores; humedades elevadas favorecen la aparición de enfermedades e interfieren en la fecundación, mientras que niveles bajos asociados a altas temperaturas pueden ocasionar caída de flores y reducción del rendimiento. Asimismo, durante la etapa de floración se recomienda mantener una humedad relativa menor al 50 %, debido a la sensibilidad del cultivo en esta fase crítica (Liñan, 2023).

2.2.8.7. Riego por goteo

Romero et al. (2021) señalan que el frijol común es un cultivo sensible al déficit o exceso hídrico, debido a que la sequía reduce significativamente el rendimiento de semilla y la biomasa acumulada de la planta. En condiciones de riego y secano, se observó una disminución del 30 % en el rendimiento de semilla, 22 % en la biomasa acumulada al inicio

de floración y 19 % en madurez fisiológica, lo que evidencia la importancia de mantener una adecuada disponibilidad de humedad durante el ciclo del cultivo. El riego por goteo constituye un sistema de aplicación localizada que distribuye agua directamente en la zona radicular mediante tuberías principales y emisores, permitiendo mantener una humedad uniforme en el suelo lo cual le permite formar un bulbo húmedo y optimizar el uso del recurso hídrico. Este sistema alcanza eficiencias entre 90 y 95 %, superiores al riego por gravedad que son empleados por la mayoría de los productores, cuya eficiencia generalmente oscila alrededor del 50 % menores en comparación al riego por goteo (INTAGRI, 2016).

En el contexto nacional, el uso del riego por goteo en el cultivo de frijol común aún es limitado, concentrándose principalmente en parcelas tecnificadas y trabajos de investigación desarrollados en la costa, como los estudios realizados en La Molina con frijol canario Centenario bajo este sistema (Liñan, 2023). Asimismo, en las principales zonas productoras del país como Cajamarca, Apurímac, Amazonas y Arequipa, continúa predominando el riego por gravedad como método tradicional de suministro hídrico (MIDAGRI, 2019). Entre las principales ventajas del riego por goteo destacan el ahorro de agua, reducción de pérdidas por evaporación, escorrentía y suministro constante de humedad en la zona radicular, favoreciendo un mejor rendimiento del cultivo. Asimismo, permite una aplicación eficiente de fertilizantes así mejorando el aprovechamiento de nutrientes por parte del cultivo, se adapta a terrenos irregulares y diferentes tipos de suelo además de limitar el crecimiento excesivo de malezas. Sin embargo, este sistema requiere mayor inversión inicial, así como mantenimiento periódico de filtros, tuberías y emisores para evitar obstrucciones que dificulten la distribución uniforme del agua (Londoño, 2019).

El cultivo de frijol bajo sistema de riego por goteo utiliza aproximadamente 3000 m³/ha/campaña, evidenciando un uso más eficiente del recurso hídrico frente a métodos tradicionales como el riego por gravedad que utiliza aproximadamente 4000 m³/ha/campaña (INIA, 2013).

Esta tecnología permite optimizar la distribución del agua en la zona radicular y mejorar su aprovechamiento durante el ciclo del cultivo. Asimismo, Antonio (2024), en su trabajo de evaluación de sistemas de riego en el cultivo de frijol, compararon diferentes métodos de suministro hídrico, obteniendo bajo riego por goteo un rendimiento proyectado de 753.64 kg/ha, mientras que el riego por inundación alcanzó 183.64 kg/ha, mostrando una mayor eficiencia productiva del sistema por goteo.

2.2.9. Manejo agronómico

2.2.9.1. Preparación de terreno

La preparación del terreno comprende labores orientadas a mejorar las condiciones físicas del suelo para favorecer el establecimiento del cultivo, incluyendo limpieza del área, nivelación, acondicionamiento del suelo y surcado, con la finalidad de facilitar el desarrollo radicular, una adecuada infiltración del agua y el ordenamiento del cultivo según el distanciamiento requerido (Julca & Raymundo, 2024; Vásquez et al., 2023).

2.2.9.2. Época de siembra

La siembra del frijol debe realizarse en periodos que ofrezcan condiciones favorables de temperatura y disponibilidad hídrica para asegurar una germinación uniforme y adecuado crecimiento inicial. La elección de la época de siembra depende de las condiciones climáticas de cada zona productora y del sistema de producción empleado (Julca & Raymundo, 2024; Vásquez et al., 2023).

2.2.9.3. Siembra

La siembra debe efectuarse considerando profundidad, densidad poblacional y distanciamiento adecuados según la variedad y condiciones de cultivo, con el fin de lograr una emergencia uniforme y buen establecimiento de plantas (Julca & Raymundo, 2024; Vásquez et al., 2023).

2.2.9.4. Fertilización

La fertilización complementa la disponibilidad de nutrientes del suelo y cubre los requerimientos nutricionales del cultivo durante sus distintas etapas de crecimiento, principalmente de nitrógeno, fósforo y potasio (Julca & Raymundo, 2024; Vásquez et al., 2023).

2.2.9.5. Control de malezas

El manejo de malezas es importante durante las primeras etapas del cultivo, debido a que estas compiten por agua, luz, nutrientes y espacio, afectando negativamente el crecimiento y rendimiento del frijol (Julca & Raymundo, 2024; Vásquez et al., 2023).

2.2.9.6. Cosecha

La cosecha se realiza cuando las vainas alcanzan madurez fisiológica y presentan cambios de coloración, mientras las semillas poseen humedad adecuada para minimizar pérdidas y conservar su calidad (Julca & Raymundo, 2024; Vásquez et al., 2023).

2.2.10. Sanidad del Cultivo

Según Vásquez et al. (2023), Flores (2021) y Vargas (2018), el cultivo de frijol es susceptible al ataque de diversas plagas y enfermedades que afectan su desarrollo productivo; estos problemas fitosanitarios pueden ocasionar daños a la planta y disminuir la calidad y producción del grano. Entre los principales problemas sanitarios se encuentran:

2.2.10.1. Plagas

a) Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

Es una de las principales plagas del cultivo de frijol, ya que se alimenta de la savia de las hojas debilitando la planta y afectando su crecimiento y desarrollo. Su ataque provoca amarillamiento foliar, reducción de la actividad fotosintética y disminución del rendimiento.

Además, esta plaga puede actuar como vector de enfermedades en el cultivo.

b) Pulgón negro (*Aphis fabae*)

El pulgón negro afecta principalmente brotes y hojas tiernas del cultivo de frijol, donde forma colonias que succionan savia y provocan enrollamiento y deformación foliar. Asimismo, produce una sustancia azucarada que favorece la aparición de fumagina y puede transmitir enfermedades virales.

c) Lorito verde (*Empoasca kraemeri*)

El lorito verde es una plaga que afecta principalmente las hojas tiernas del cultivo de frijol, ya que se alimenta de la savia de la planta su ataque ocasiona amarillamiento, enrollamiento de las hojas y retraso en el crecimiento, mientras que infestaciones severas pueden disminuir la formación de vainas y reducir el rendimiento del cultivo.

d) Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*)

La mosca minadora, también conocida como minador de hojas, afecta principalmente el follaje del cultivo de frijol, debido a que sus larvas se alimentan de los tejidos internos de las hojas por lo que se forman formando galerías visibles. Este daño reduce la capacidad fotosintética de la planta, ocasiona debilitamiento y puede disminuir el crecimiento y rendimiento del cultivo en ataques severos.

e) Cortador de tallo (*Agrotis* spp.)

El cortador de tallo es una plaga que afecta principalmente plantas jóvenes de frijol, debido a que sus larvas cortan el tallo a nivel del suelo durante la noche. Este daño provoca marchitez, caída y muerte de plántulas, reduciendo la densidad de plantas y el establecimiento adecuado del cultivo.

2.2.10.2. Enfermedades

a) Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*)

Es una de las enfermedades más persistentes del frijol, debido a que afecta hojas, tallos y vainas, formando lesiones oscuras y hundidas que limitan el desarrollo de la planta, es decir, su incidencia aumenta en condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas, pudiendo ocasionar pérdidas significativas en el rendimiento del cultivo.

b) Roya (*Uromyces appendiculatus*)

La roya afecta principalmente las hojas del cultivo de frijol, donde produce pequeñas pústulas de color marrón rojizo que disminuyen la capacidad fotosintética de la planta. En ataques severos puede ocasionar defoliación prematura y reducción del rendimiento, especialmente en ambientes con elevada humedad relativa.

c) Mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*)

La mancha angular es una enfermedad foliar que ocasiona lesiones de forma angular y color marrón en las hojas del frijol, su desarrollo se favorece por temperaturas moderadas y alta humedad, afectando el área fotosintética y debilitando el crecimiento de la planta.

d) Pudrición radicular (*Rhizoctonia solani*)

La pudrición radicular afecta principalmente la raíz y base del tallo del cultivo de frijol, causando marchitez, debilitamiento y muerte de plantas jóvenes. Esta enfermedad se presenta con mayor frecuencia en suelos con exceso de humedad y deficiente drenaje.

e) Virus del mosaico común del frijol

El virus del mosaico común provoca manchas verdes claras y oscuras en las hojas, deformaciones y reducción del crecimiento de la planta; su presencia puede disminuir la calidad del grano y en el rendimiento final, además de propagarse fácilmente mediante semillas infectadas y vectores como los pulgones.

f) Moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*)

El moho blanco es una enfermedad que afecta tallos, hojas y vainas del cultivo de frijol mayormente por la alta presencia de la lluvia o el exceso de riego, ya que sobre los tejidos infectados se observa los micelios blancos algodonosos, por lo que su desarrollo se favorece en condiciones de alta humedad, provocando marchitez, pudrición y debilitamiento de la planta, además de reducir significativamente el rendimiento del cultivo.

2.2.11. Rendimiento

El rendimiento del cultivo de frijol constituye una característica cuantitativa compleja, influenciada por la interacción entre el potencial genético de la variedad y las condiciones ambientales durante el ciclo del cultivo, ya que los factores como disponibilidad hídrica, nutrición, temperatura y manejo agronómico influyen directamente en la producción final (Serrano, 2023). El rendimiento también es resultado de procesos fisiológicos relacionados con la acumulación de materia seca total de la planta y su posterior distribución hacia los órganos reproductivos, principalmente durante la formación y llenado de vainas. Esta redistribución de fotoasimilados se expresa finalmente en el peso de la semilla y determina en gran parte la productividad del cultivo (Chacón, 2025; Vilchez, 2015).

Según Liñan (2023), debido al efecto de compensación existente entre sus componentes, resulta difícil atribuir el rendimiento del cultivo a una sola variable, ya que la disminución de un componente puede ser compensada por el incremento de otro. Por ello, el rendimiento puede expresarse a partir de la interacción de diferentes factores productivos:

$$\text{Rendimiento} = \text{peso de una semilla} \times \text{semillas/vaina} \times \text{vainas} \\ / \text{planta} \times \text{plantas/m}^2$$

Para su mejor comprensión, los componentes del rendimiento se clasifican en dos grupos principales:

- Componentes fisiológicos: relacionados con procesos internos de la planta, como duración del crecimiento foliar, desarrollo del área foliar,

eficiencia en la movilización de fotoasimilados y acumulación de biomasa.

- Componentes morfológicos: asociados a características observables del cultivo, entre ellas número de ramas por planta, número de vainas, cantidad de semillas por vaina y peso seco de tallos, vainas y semillas.

Por su influencia en el rendimiento, los componentes se clasifican en:

- Directos: número de vainas, vigor de planta y peso de semillas.
- Indirectos: precocidad, área foliar y capacidad de adaptación frente a condiciones adversas como sequía o bajas temperaturas.

2.2.12. Biofertilizantes microbianos

Según Afanador (2017) los biofertilizantes son insumos biológicos elaborados a partir de microorganismos inoculantes presentes en la materia orgánica, los cuales contribuyen al equilibrio nutricional y favorecen el desarrollo de los cultivos. Estos microorganismos actúan de manera benéfica en el suelo y la planta, debido a que participan en procesos relacionados con la disponibilidad de nutrientes y actividad biológica del sistema agrícola. Asimismo, la autora señala que muchos de estos microorganismos se encuentran naturalmente en el suelo y establecen relaciones de simbiosis con las plantas, favoreciendo su crecimiento y desarrollo vegetal. Por otra parte, Rita (2022) menciona que los biofertilizantes representan una alternativa importante para fortalecer sistemas de producción más sostenibles, ya que favorecen la actividad microbiológica del suelo y contribuyen a reducir parcialmente la dependencia de fertilizantes químicos en la agricultura.

Asimismo Palacios (2023) señala que los biofertilizantes se clasifican según el mecanismo mediante el cual actúan sobre el suelo y la planta. La acción directa ocurre cuando los microorganismos presentes en el biofertilizante interactúan con los tejidos vegetales y favorecen procesos relacionados con el crecimiento y desarrollo del cultivo. En cambio, la acción indirecta se produce cuando los microorganismos actúan inicialmente en el suelo, participando en procesos de solubilización y disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio. Asimismo, los inoculantes microbianos son considerados insumos

biológicos que contienen poblaciones de microorganismos benéficos capaces de interactuar con la materia orgánica del suelo, favoreciendo la actividad microbiológica y la formación de sustancias útiles para el crecimiento vegetal.

2.2.12.1. Rendimiento de cultivos

El uso de biofertilizantes ha demostrado efectos favorables en el crecimiento y productividad de distintos cultivos, debido a que los microorganismos benéficos presentes en estos insumos mejoran la disponibilidad y aprovechamiento de nutrientes esenciales como nitrógeno y fósforo, bacterias de géneros como *Rhizobium* y *Pseudomonas* participan en procesos relacionados con la fijación biológica de nitrógeno y solubilización de fósforo, permitiendo un mejor aprovechamiento de nutrientes por parte de las plantas (Rajeev et al., 2023) Asimismo, Meena et al. (2020) reportan incrementos de hasta 30% en el rendimiento de cultivos como maíz, trigo y soya cuando se aplican biofertilizantes en comparación con sistemas manejados únicamente con fertilización química convencional.

Por otra parte, Mahanty et al. (2017) señalan que los biofertilizantes favorecen el desarrollo de raíces más vigorosas y mejoran la absorción de agua y nutrientes, especialmente en suelos de baja fertilidad o bajo condiciones de estrés hídrico y salinidad. Estas características contribuyen a mantener la productividad agrícola en condiciones ambientales adversas y fortalecen sistemas de producción más sostenibles, debido a que ayudan a reducir parcialmente la dependencia de fertilizantes sintéticos y favorecen la actividad biológica del suelo.

2.2.12.2. Calidad y mejora biológica del suelo

El uso de biofertilizantes contribuye a mejorar las propiedades biológicas y físicas del suelo, debido a que favorecen la actividad de microorganismos benéficos relacionados con la descomposición de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes. A diferencia de los fertilizantes químicos, que pueden ocasionar acidificación y deterioro progresivo del suelo, los biofertilizantes estimulan procesos biológicos que ayudan a

conservar la fertilidad natural y estabilidad del ecosistema edáfico. Asimismo, microorganismos como las micorrizas arbusculares favorecen la formación de agregados del suelo, mejorando su estructura y capacidad de retención de agua y nutrientes (Palacios, 2023).

Según, Afanador (2017) señala que el uso continuo de biofertilizantes contribuye al incremento del carbono orgánico y al equilibrio de las poblaciones microbianas presentes en el suelo, favoreciendo ambientes más estables y resilientes. Estas características permiten recuperar parcialmente suelos degradados y mantener la biodiversidad edáfica, aspecto importante para el funcionamiento biológico del suelo y sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

2.2.12.3. Disminución de fertilizantes sintéticos

Uno de los principales aportes de los biofertilizantes es su capacidad para disminuir parcialmente el uso de fertilizantes químicos en la agricultura, debido a que los microorganismos presentes en estos insumos mejoran la eficiencia en la absorción y aprovechamiento de nutrientes por parte de las plantas. La FAO (2020) señala que el uso excesivo de fertilizantes químicos puede generar efectos negativos como contaminación del suelo, eutrofización de cuerpos de agua y emisiones de gases de efecto invernadero, afectando el equilibrio ambiental y sostenibilidad de los sistemas agrícolas. En este contexto, los biofertilizantes representan una alternativa biológica que contribuye a reducir la dependencia de dichos insumos sintéticos sin comprometer significativamente la productividad de los cultivos. Asimismo, Palacios (2023) y Rajeev et al. (2023) reportaron que, en cultivos como arroz y trigo, la aplicación conjunta de biofertilizantes y dosis reducidas de fertilización química permitió mantener niveles adecuados de rendimiento, logrando disminuir hasta 50% la cantidad de fertilizantes sintéticos utilizados. Esta práctica no solo reduce el impacto ambiental asociado al uso excesivo de insumos químicos, sino que también representa una alternativa económicamente favorable para los productores agrícolas.

2.2.12.4. Bacter Crecimiento®

Según la ficha técnica, el Bacter Crecimiento® es un biofertilizante microbiano formulado con bacterias benéficas de los géneros *Azospirillum* sp, *Azotobacter* sp y *Pseudomonas fluorescens*, alcanzando una concentración total de 1×10^9 UFC/cc, estos microorganismos son ampliamente utilizados en la agricultura debido a su capacidad para interactuar con la rizósfera y favorecer procesos biológicos relacionados con la nutrición, el crecimiento vegetal, la actividad microbiológica del suelo y mejorar el aprovechamiento de nutrientes por parte de los cultivos (Anexo 4).

2.2.12.4.1. Composición biológica

Azospirillum sp. es una bacteria perteneciente al grupo de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB), ampliamente reconocida por su capacidad para favorecer el desarrollo de diversas especies agrícolas mediante diferentes mecanismos de acción; aunque inicialmente destacó por su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, investigaciones posteriores demostraron que sus efectos sobre el crecimiento vegetal también están relacionados con la producción de fitohormonas, como auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico, etileno y ácido salicílico, compuestos que estimulan el desarrollo del sistema radicular y mejoran la absorción de agua y nutrientes (Fukami et al., 2018; Rita, 2022; Tortora et al., 2011). Asimismo, debido a estos beneficios *Azospirillum* sp. se ha incorporado en numerosos inoculantes comerciales utilizados tanto en cultivos de gramíneas como de leguminosas, consolidándose como uno de los microorganismos de mayor importancia dentro de la agricultura sostenible. Por otra parte, *Azospirillum* sp. contribuye a incrementar la disponibilidad de fósforo mediante su solubilización y mejora la tolerancia de los cultivos frente a condiciones de estrés abiótico, como la sequía, la salinidad y la presencia de metales pesados; también participa en el control biológico de fitopatógenos mediante la producción de sideróforos y

la inducción de resistencia sistémica, mecanismos que fortalecen las defensas naturales de la planta, razón por la cual constituye uno de los microorganismos más utilizados en programas de biofertilización (Fukami et al., 2018; Tortora et al., 2011).

Azotobacter sp. es un género de bacterias de vida libre perteneciente a la familia *Azotobacteriaceae*, reconocido por su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico sin establecer asociaciones simbióticas con las plantas (Kenawy et al., 2025). Estas bacterias se desarrollan principalmente en suelos con pH neutro o ligeramente alcalino, así como en la rizósfera de diversas especies vegetales. Además, producen alginato, un polisacárido que protege a las células frente a condiciones ambientales adversas, favoreciendo su supervivencia en el suelo; estas características han convertido a *Azotobacter* sp. en uno de los microorganismos de mayor interés para la formulación de biofertilizantes destinados a mejorar la fertilidad del suelo y el crecimiento de los cultivos (Kaur et al., 2024; Kenawy et al., 2025). Entre las especies del género, *Azotobacter chroococcum* destaca por ser la de mayor predominancia en los suelos agrícolas y por su elevada capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, alcanzando valores de 2 a 15 mg de N₂ por gramo de fuente de carbono, lo que contribuye a incrementar la disponibilidad de este nutriente para las plantas (Rita, 2022). Asimismo, diversas investigaciones señalan que *Azotobacter* sp. favorece el crecimiento vegetal mediante la producción de fitohormonas, mejora el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes, constituyéndose en una alternativa para reducir la dependencia de fertilizantes nitrogenados de síntesis química y promover sistemas de producción agrícola más sostenibles (Dobrzyński et al., 2025; Jin et al., 2020).

Pseudomonas fluorescens es una bacteria perteneciente al grupo de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), ampliamente reconocida por su capacidad para favorecer el desarrollo de los cultivos y contribuir al control biológico de

enfermedades (Nilmat et al., 2023). Entre sus principales mecanismos de acción destacan la producción de fitohormonas, como el ácido indol-3-acético y las giberelinas, la solubilización de nutrientes, la producción de sideróforos y metabolitos con actividad antimicrobiana, así como su participación en procesos de biorremediación de suelos contaminados; además de promover el crecimiento vegetal, *Pseudomonas fluorescens* fortalece los mecanismos de defensa de las plantas mediante la inducción de resistencia sistémica y la activación de enzimas relacionadas con la respuesta frente a fitopatógenos, reduciendo la incidencia de diversas enfermedades, estas características la convierten en un microorganismo de gran interés para la formulación de biofertilizantes y el desarrollo de sistemas agrícolas más sostenibles (Abdelraouf et al., 2023; Zhong et al., 2021). Sin embargo, su eficacia depende de factores ambientales como el tipo de suelo, la humedad, la temperatura, la disponibilidad de nutrientes y la especie hospedera, los cuales condicionan su establecimiento y desempeño en la rizósfera (Prathuangwong et al., 2009).

2.2.12.4.2. Beneficios

a. Producción de fitohormonas

Uno de los principales beneficios agronómicos atribuidos a Bacter Crecimiento® es la capacidad de los microorganismos que lo componen para sintetizar fitohormonas, como auxinas, giberelinas y citocininas, las cuales regulan procesos relacionados con la división y elongación celular, el crecimiento de los tallos, la germinación de las semillas y la formación de nuevos tejidos, favoreciendo el desarrollo de las plantas (Fukami et al., 2018; Rita, 2022).

b. Fijación biológica de nitrógeno

Según la ficha técnica de Bacter Crecimiento®, los microorganismos presentes en su formulación tienen la capacidad de fijar hasta 150 kg de nitrógeno por hectárea al año, lo que puede

reducir entre un 30 % y un 50 % la necesidad de aplicar fertilizantes nitrogenados de origen químico (Rita, 2022).

c. Producción de sideróforos y disponibilidad de hierro

El producto promueve la formación de sideróforos, compuestos que facilitan la captación y movilización de hierro en la rizósfera de esta manera, se incrementa la disponibilidad de este elemento esencial para diversos procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento y desarrollo de las plantas (Kümmerli, 2023).

d. Mejora del entorno rizosférico

Los microorganismos colonizan la rizósfera e interactúan con las raíces, generando condiciones favorables para el desarrollo vegetal. Esta actividad favorece la disponibilidad de nutrientes, estimula la actividad biológica del suelo y contribuye al crecimiento del sistema radicular, ya que la planta puede aprovechar con mayor eficiencia los recursos presentes en el suelo, fortaleciendo su desarrollo durante las diferentes etapas del cultivo (Abdelraouf et al., 2023; Nilmat et al., 2023).

2.2.12.5. BioVitalis® Micorriza®

Según la ficha técnica, el BioVitalis® Micorriza es un biofertilizante microbiano compuesto por hongos micorrícicos arbusculares de los géneros *Glomus* sp., *Acaulospora* sp. y *Entrophospora* sp., con una concentración de 400 unidades infectivas por cc. Además, contiene bacterias rizosféricas del género *Pseudomonas* sp. y microorganismos de montaña, ambos presentes en concentraciones de 1×10^6 UFC/cc. Su formulación se complementa con humus líquido enriquecido con microorganismos eficientes, el cual aporta materia orgánica, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y nutrientes que contribuyen a mantener la actividad biológica del suelo (Anexo 4).

2.2.12.5.1. Composición biológica

La micorrizas (*Glomus* sp., *Acaulospora* sp. y *Entrophospora* sp.), son hongos micorrícicos arbusculares (HMA) que establecen asociaciones beneficiosas con las plantas en la zona de contacto entre el suelo y las raíces, lo que favorece el crecimiento y el desarrollo vegetal (Tedersoo et al., 2020). Esta asociación simbiótica mutualista, conocida como micorriza, es fundamental para ambos y ocurre en cerca del 90% de las plantas terrestres (Llanos et al., 2023). Asimismo, los HMA desarrollan un micelio extrarradical extenso que penetra en las raíces y conecta la planta con el suelo, proporcionando múltiples beneficios: incrementan la absorción de nutrientes de baja movilidad como el fósforo, estimulan la producción de hormonas de crecimiento, secretan compuestos con acción antibiótica, protegen a la planta frente a diversos patógenos del suelo y mejoran la estructura del suelo, lo que facilita un óptimo desarrollo del sistema radicular (Llanos et al., 2023; Tedersoo et al., 2020). En conjunto, estas funciones hacen que las micorrizas sean un componente clave para el crecimiento y la nutrición de las plantas. En el caso de las leguminosas cultivadas, la colonización por HMA suele ser elevada y contribuye significativamente a la eficiencia en la absorción de nutrientes, a la tolerancia al estrés hídrico y a la capacidad de las plantas para enfrentar condiciones bióticas y abióticas adversas (Pacheco et al., 2022). Por ello, la presencia y el manejo adecuado de los HMA en sistemas de producción de leguminosas representa una estrategia importante para mejorar el rendimiento y la sostenibilidad de estos cultivos.

Los microorganismos de montaña (MM) son consorcios microbianos naturales, integrados principalmente por hongos, bacterias y actinomicetos, que se localizan en la capa orgánica superficial de los suelos de ecosistemas no intervenidos; se consideran un biofertilizante de bajo costo, ya que contribuyen a mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo y, por tanto, la productividad agrícola. En estos mantillos forestales húmedos pueden encontrarse decenas de grupos funcionales de microorganismos

(bacterias, actinomicetos, hongos, algas, protozoarios) que coexisten en equilibrio, manteniendo el flujo de energía y la continuidad de los procesos de formación de suelo, mediante la descomposición de la materia orgánica y la generación de agregados húmico-arcillosos (Pérez, 2018). En el contexto de la fertilización biológica, los MM constituyen una alternativa estratégica para la regeneración de suelos agrícolas degradados y la mejora de la eficiencia en el uso de nutrientes en los cultivos, al ser aplicados como biofertilizantes, estos consorcios microbianos incrementan la mineralización de la materia orgánica, favorecen la liberación y disponibilidad de nutrientes esenciales (como nitrógeno, fósforo y potasio), mejoran la estructura del suelo y estimulan la actividad de la rizósfera, lo que se traduce en un desarrollo radicular más vigoroso y una mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes. Además, los MM pueden contribuir a la degradación de residuos de agroquímicos presentes en el suelo y a la supresión de algunos fitopatógenos, ayudando a restablecer el equilibrio biológico del ecosistema edáfico (INIFAP, 2018; Pérez, 2018). Por estas razones, su incorporación en programas de manejo sostenible de la fertilidad, como en la evaluación de biofertilizantes en leguminosas u otros cultivos, resulta fundamental para aumentar el rendimiento, reducir la dependencia de insumos sintéticos.

2.2.12.5.2. Beneficios

1. Disponibilidad de nutrientes

La disponibilidad de nutrientes se ve incrementada gracias a la acción conjunta de micorrizas, *Pseudomonas* sp. y microorganismos de montaña, lo que favorece una mayor captación principalmente del fósforo (P), así como también del nitrógeno (N), potasio (K), zinc (Zn) y calcio (Ca) por parte de las plantas (Llanos et al., 2023). Según la ficha técnica, estos microorganismos participan en diversos procesos que facilitan la absorción de nutrientes, permitiendo un aprovechamiento más eficiente de los recursos disponibles en el suelo.

2. Protección radicular y resistencia al estrés

La protección radicular y la resistencia al estrés se ven reforzadas por la alta concentración de microorganismos benéficos presentes en la rizósfera, los cuales compiten por espacio y nutrientes con microorganismos perjudiciales, creando barreras físicas y bioquímicas que defienden a las raíces frente a patógenos y nematodos (Tedersoo et al., 2020). Esta interacción favorece un entorno más equilibrado en la zona de influencia de las raíces, mejorando las condiciones para el crecimiento y funcionamiento del sistema radicular. Además, estos consorcios microbianos contribuyen a que las plantas soporten mejor condiciones ambientales adversas, como periodos de sequía, suelos con alta acidez (pH) y salinidad elevada, actuando como un soporte biológico que incrementa la tolerancia al estrés abiótico (Tedersoo et al., 2020).

3. Actividad microbiológica

Los microorganismos presentes en la formulación contribuyen a incrementar la actividad biológica del suelo y favorecen procesos relacionados con la transformación de nutrientes y materia orgánica (INIFAP, 2018). Por lo cual, se generan condiciones más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

4. Aporte orgánico

La formulación incorpora humus líquido, materia orgánica, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, componentes que contribuyen a mejorar las propiedades biológicas del suelo, estos compuestos favorecen la actividad microbiana, ayudan a la disponibilidad de nutrientes y promueven un ambiente más adecuado para el crecimiento de las raíces.

2.3. Definición de términos

2.3.1. Biofertilizante

Los biofertilizantes son productos biológicos que contienen microorganismos vivos capaces de favorecer el crecimiento de las plantas al incrementar la disponibilidad y absorción de nutrientes en el suelo. Estos microorganismos pueden aplicarse sobre las semillas, las raíces o directamente al suelo, donde desarrollan actividades que contribuyen a mejorar la nutrición vegetal y la actividad biológica de la rizósfera (Malusá & Vassilev, 2014).

2.3.2. Inoculante microbiano

Los inoculantes microbianos son formulaciones que contienen microorganismos benéficos vivos destinados a ser incorporados a los sistemas agrícolas con la finalidad de favorecer el desarrollo de los cultivos (Santos et al., 2019).

2.3.3. Inoculación

La inoculación es una práctica que consiste en aplicar microorganismos benéficos a las semillas, raíces o suelo con el propósito de favorecer su establecimiento y actividad en la rizósfera. Esta técnica busca mejorar la interacción entre los microorganismos y la planta, contribuyendo a procesos relacionados con la nutrición vegetal, el crecimiento y el aprovechamiento de nutrientes presentes en el suelo (Prisa et al., 2023).

2.3.4. Coinoculación

La coinoculación corresponde a la aplicación simultánea de dos o más microorganismos benéficos sobre una misma planta o cultivo. Esta práctica permite aprovechar los efectos complementarios de diferentes grupos microbianos, como bacterias fijadoras de nitrógeno, microorganismos solubilizadores de fósforo y hongos micorrícicos, (Nadeem et al., 2014).

2.3.5. Drench

El drench es un método de aplicación que consiste en distribuir una solución líquida directamente sobre el suelo, alrededor de la zona radicular de la planta, con el fin de que los compuestos o microorganismos presentes sean absorbidos por las raíces. Esta técnica permite que los productos aplicados entren en contacto con la rizósfera, favoreciendo su disponibilidad y aprovechamiento por parte de la planta (Thompson, 2022).

2.3.6. Rizosfera

La rizosfera es la zona del suelo que rodea las raíces de las plantas y que se encuentra influenciada por los compuestos liberados por estas. En esta región se desarrollan numerosas interacciones entre raíces, microorganismos y suelo, las cuales desempeñan un papel importante en la disponibilidad de nutrientes, la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas (Saeed et al., 2021).

2.3.7. Micorrizas arbusculares

Las micorrizas arbusculares son asociaciones simbióticas establecidas entre determinados hongos del suelo y las raíces de las plantas. Esta relación favorece principalmente la absorción de fósforo, agua y otros nutrientes de baja movilidad, contribuyendo al crecimiento y desarrollo vegetal (Nadeem et al., 2014).

2.3.8. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)

Son microorganismos que habitan en la rizosfera o en las raíces de las plantas y contribuyen a su desarrollo mediante distintos mecanismos biológicos. Entre sus funciones destacan la producción de fitohormonas, la fijación de nitrógeno, la solubilización de nutrientes y la mejora de las condiciones de crecimiento en la zona radicular (Beneduzi et al., 2012).

2.3.9. Fijación biológica de nitrógeno

La fijación biológica de nitrógeno es un proceso realizado por determinados microorganismos capaces de transformar el nitrógeno atmosférico en compuestos que pueden ser utilizados por las plantas (Saeed et al., 2021).

2.3.10. Solubilización de fósforo

La solubilización de fósforo es un proceso biológico mediante el cual ciertos microorganismos transforman formas insolubles de fósforo presentes en el suelo en compuestos disponibles para la absorción por las plantas (Saeed et al., 2021).

2.3.11. Simbiosis

En el ámbito agrícola, este término se utiliza con frecuencia para describir la relación que se forma entre ciertos microorganismos del suelo y las raíces de las plantas, permitiendo el intercambio de nutrientes y otros beneficios mutuos (Angelard & Bever, 2013).

2.3.12. Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo corresponde a la capacidad que posee un suelo para suministrar agua, nutrientes y condiciones adecuadas para el crecimiento de las plantas. Esta característica depende de la interacción de propiedades físicas, químicas y biológicas que influyen en el desarrollo y productividad de los cultivos (Saeed et al., 2021).

2.3.13. Rendimiento

El rendimiento es la cantidad de producto cosechado obtenida en una determinada superficie de cultivo y constituye uno de los principales indicadores para evaluar la productividad agrícola (Graham & Ranalli, 1997).

2.3.14. Fitohormonas

Las fitohormonas son compuestos orgánicos producidos naturalmente por las plantas en pequeñas cantidades, capaces de regular procesos relacionados con el crecimiento, desarrollo y respuesta a condiciones ambientales. Entre las principales se encuentran las auxinas, giberelinas y citoquininas, las cuales intervienen en la división celular, elongación de tejidos y formación de órganos vegetales (Dobrzyński et al., 2025).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Este estudio corresponde a una investigación aplicada de enfoque cuantitativo, orientada a resolver problemas concretos en el ámbito productivo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.); en este contexto, se manipuló la variable independiente mediante la aplicación de biofertilizantes microbianos, para evaluar su efecto sobre el desarrollo productivo del cultivo, enfocándose en la solución de problemas específicos mediante la aplicación del conocimiento en situaciones prácticas (Sarango et al., 2024).

3.1.2. Nivel de investigación

La investigación es de nivel explicativo, ya que busca establecer relaciones de causa–efecto entre las variables en estudio, permitiendo comprender cómo la aplicación de biofertilizantes microbianos influye en el desarrollo productivo del frijol. En este sentido, este tipo de investigación se orienta a identificar las causas de los fenómenos y analizar cómo estas se relacionan con sus efectos, mediante la formulación y comprobación de hipótesis apoyadas en técnicas estadísticas, lo que permite validar las relaciones entre variables y garantizar un análisis riguroso de los resultados (Supo, 2025).

3.2. Diseño de investigación

La presente investigación correspondió a un diseño experimental, debido a que se manipuló la variable independiente mediante la aplicación de biofertilizantes microbianos (Bacter Crecimiento® y BioVitalis® Micorriza), con la finalidad de evaluar su efecto sobre variables del desarrollo productivo del cultivo de frijol variedad Canario Centenario bajo condiciones de campo. Este tipo de diseño permite controlar y comparar tratamientos para analizar la relación de causa y efecto entre las variables en estudio (Sarango et al., 2024).

3.2.1. Diseño experimental

Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), el cual constó de 6 tratamientos y 3 repeticiones, totalizando 18 unidades experimentales. Este diseño se basa en la asignación aleatoria de las unidades experimentales y en la inclusión de un tratamiento testigo, permitiendo comparar los resultados y evaluar con mayor precisión el efecto de los tratamientos aplicados (Guzmán et al., 2025).

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : observación de la variable respuesta en el i-ésimo tratamiento y j-ésimo bloque.

μ : media general del experimento.

T_i : efecto del i-ésimo tratamiento ($i = 1,2,3,4,5,6$)

B_j : efecto del j-ésimo bloque o repetición ($j = 1,2,3$)

ε_{ij} : error experimental asociado a cada unidad experimental

3.2.2. Tratamientos evaluados

Se evaluaron seis tratamientos, incluido un testigo, para determinar el efecto de biofertilizantes microbianos en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Canario Centenario, tal como se muestra en la tabla 4; asimismo, su distribución aleatoria dentro de los tres bloques se presenta en la tabla 5.

Tabla 4

Tratamientos y dosis de aplicación

Tto.	Biofertilizantes	Inoculación –coinoculación l/ha			
		Siembra	V2	R5	R7
T1	Testigo	0	0	0	0
T2	BioVitalis® Micorriza	4	4	4	4
T3	BioVitalis® Micorriza	7	7	7	7
T4	Bacter Crecimiento®	2	2	2	2

T5	Bacter Crecimiento®	4	4	4	4
T6	BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento®	5	5	5	5

Nota. l/ha: litro por hectárea, V2: primeras hojas, R5: inicio de prefloración, R7 = inicio de llenado de vainas.

Tabla 5

Distribución aleatoria de los tratamientos en los bloques

Bloque	Tratamientos					
Bloque I	T1	T2	T4	T3	T5	T6
Bloque II	T5	T4	T6	T2	T1	T3
Bloque III	T4	T5	T3	T6	T2	T1

3.2.3. Características del campo experimental

a) Campo experimental

Longitud del campo experimental	: 21.40 m
Ancho del campo experimental	: 12.00 m
Área total del campo experimental	: 256.80 m ²

b) Características de los bloques

Número de bloques	: 3
Tratamientos por bloque	: 6
Distancia entre bloques	: 1.00 m

c) Características de la unidad experimental

Número de unidades experimentales	: 18
Longitud de unidad experimental	: 3.00 m
Ancho de unidad experimental	: 2.40 m
Área de unidad experimental	: 7.20 m ²
Surcos por unidad experimental	: 4
Plantas evaluadas por unidad experimental	: 14

d) Características de siembra

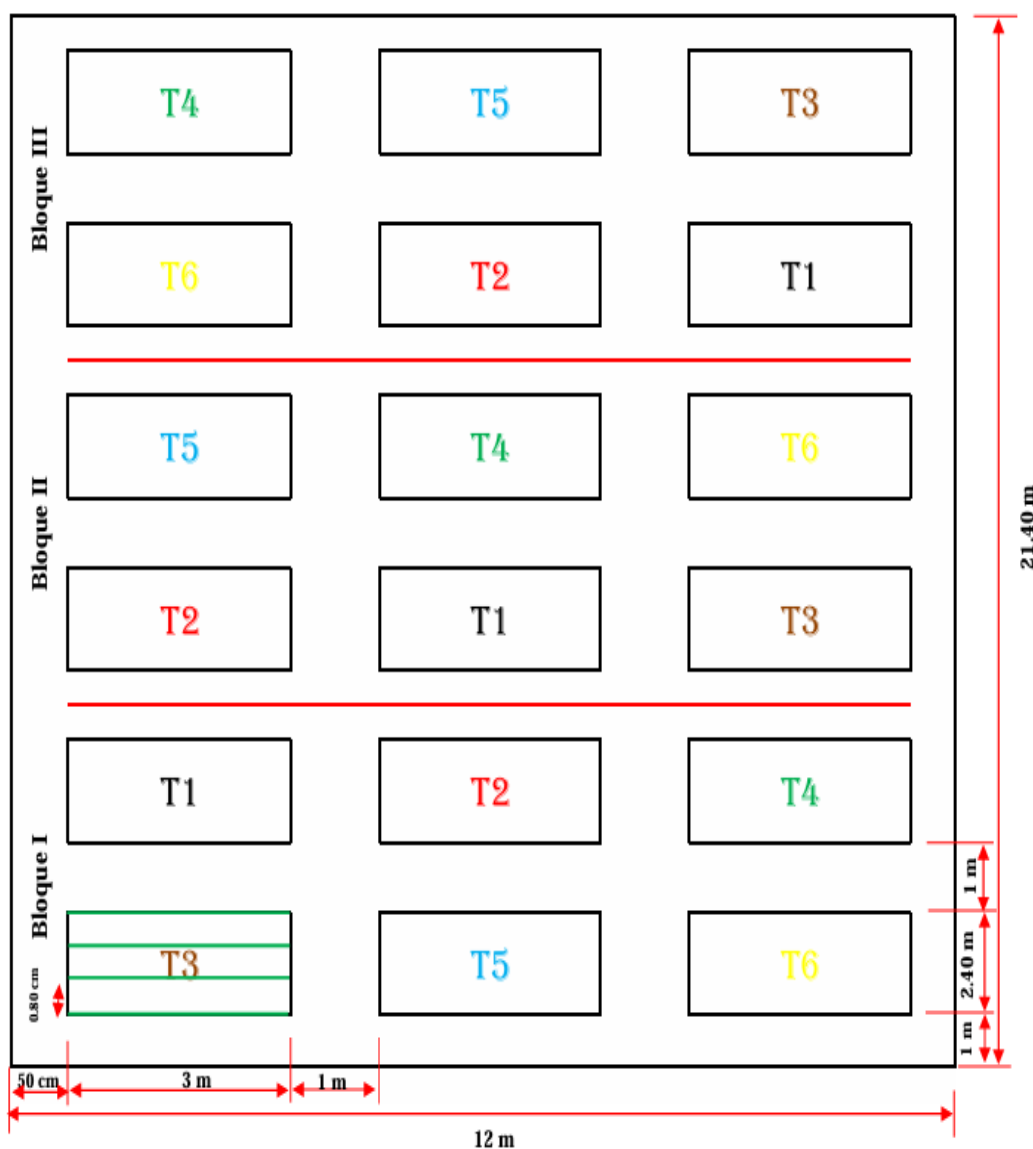
Golpes por surco	: 11
Semillas por golpe	: 3
Semillas por unidad experimental	: 132
Distancia entre plantas	: 0.30 m
Distancia entre surcos	: 0.80 m
Total, de plantas evaluadas	: 252

3.2.4. Distribución experimental

La distribución de los tratamientos en el campo experimental se presenta en la figura 13.

Figura 13

Distribución de los tratamientos al azar en el campo experimental



3.3. Ámbito temporal y espacial

3.3.1. Ámbito temporal

El ámbito temporal del experimento comprendió desde octubre de 2025 hasta julio de 2026, periodo durante el cual se evaluó el cultivo de frijol canario variedad centenaria bajo condiciones de riego tecnificado en la comunidad de Cangari, distrito de Iguain, provincia de Huanta, región Ayacucho.

3.3.2. Ámbito espacial

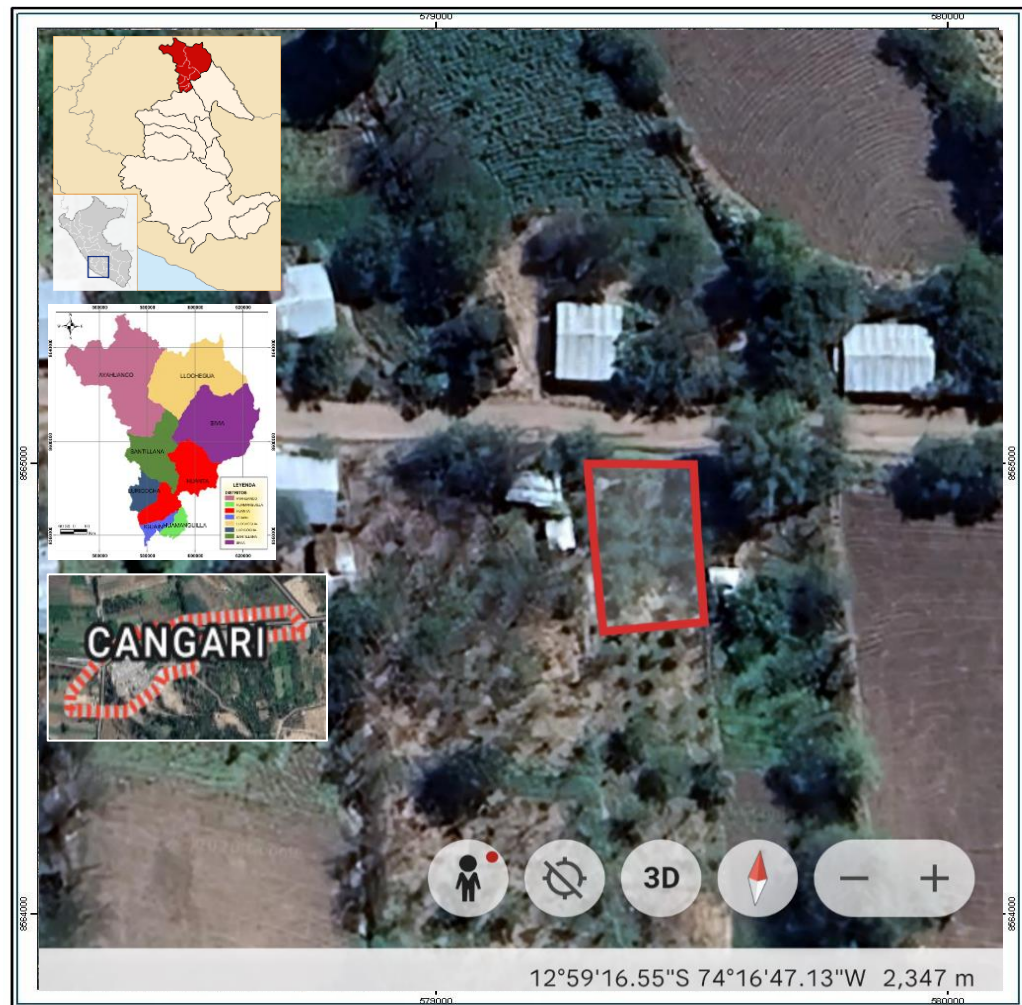
La investigación se desarrolló en la comunidad de Cangari, ubicada a una altitud aproximada de 2325 m s. n. m., el área de estudio presenta una temperatura media anual entre 16 y 20 °C y una precipitación anual de 400 a 600 mm, características propias de la zona de estudio (Municipalidad Distrital de Iguain, 2021). Las características del ámbito espacial de la investigación se detallan a continuación y se complementan con la figura 14, donde se presenta la ubicación del área experimental.

- Ubicación política

- Región: Ayacucho
- Provincia: Huanta
- Distrito: Iguain
- Centro poblado: Cangari

- Ubicación geográfica

- Altitud: 2 325 m s. n. m.
- Latitud: -12.9925
- Longitud: -74.2089
- Latitud (GMS): 12° 59' 33" Sur
- Longitud (GMS): 74° 12' 32" Oeste

Figura 14*Ubicación geográfica del área de estudio*

Nota. La figura muestra la localización del área de estudio en el centro poblado de Cangari. Adaptado de Mapas de Perú (2022).

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Según Sampieri (2023), la población comprende el conjunto total de elementos que presentan características comunes y constituyen el objeto de estudio. En ese sentido, la población estuvo conformada por 2376 plantas de frijol canario var. Centenario, establecidas en un área experimental de 244.8 m² bajo condiciones de riego por goteo.

3.4.2. Muestra

La muestra es un subconjunto representativo de la población seleccionado para su estudio, a partir del cual se obtienen resultados válidos dentro de ciertos márgenes de error (López & Fachelli, 2017). En ese sentido, la muestra estuvo conformada por 252 plantas de frijol, correspondientes a 14 plantas seleccionadas aleatoriamente de los surcos centrales de cada una de las 18 unidades experimentales

3.4.3. Tipo de muestra

Según Cuesta y Herrero (2024), el muestreo probabilístico se fundamenta en la selección aleatoria de los elementos de la población, garantizando que todos tengan la misma probabilidad de ser elegidos. Se empleó un muestreo aleatorio simple, seleccionando plantas al azar en los surcos centrales de cada unidad experimental, excluyendo bordes para reducir el efecto borde.

3.5. Técnicas e instrumentos

3.5.1. Técnica

La técnica empleada para la recolección de datos fue la observación directa, la cual permitió obtener información mediante el contacto personal con el fenómeno de estudio durante el desarrollo del experimento. En ese sentido, Belloso (2020) señala que esta técnica implica que el investigador observe de manera directa el hecho o fenómeno objeto de investigación para registrar información relevante según los objetivos planteados.

3.5.2. Instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos son recursos utilizados para obtener, registrar y organizar información relevante de acuerdo con los objetivos de investigación. Según Hernández y Duana (2020) señalan que estos instrumentos facilitan la recopilación sistemática de información durante el proceso investigativo.

Para la evaluación y registro de las variables se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Ficha de evaluación.
- Tablero de campo.
- Vernier.
- Regla milimétrica de 60 cm.
- Balanza de precisión.

3.6. Materiales, equipos e insumos

3.6.1. Material genético

Semillas de frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Canario Centenario, procedentes del Programa de Leguminosas de Grano de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.6.2. Insumos agrícolas

- Bacter Crecimiento®
- BioVitalis® Micorriza
- Fastac®
- Zapicol
- Cal agrícola
- Aceite de soya

3.6.3. Equipos

- Laptop
- Impresora
- Mochila fumigadora de 20L
- Cámara fotográfica
- Tractor agrícola
- Estructura metálica para tanque de riego

3.6.4. Materiales y herramientas

- Wincha
- Pala

- Pico
- Carretilla
- Rastrillo
- Azadón
- Machete
- Guantes de cuero
- Martillo
- Brocha
- Arco de sierra
- Letreros
- Bolsas de muestreo
- Jeringa de 60 mL
- Plumón indeleble

3.6.5. Componentes del sistema de riego por goteo

- Manguera principal de 1 1/2"
- Manguera secundaria de 1/2"
- Filtro de riego de 1 1/2"
- Niple de 1 1/2"
- Llave de paso de 1" a 1/2"
- Bushing reductor de 3/4" a 1/2"
- Bushing reductor de 1" a 1/2"
- Enlace rosca macho de 2" (50 mm)
- Enlace rosca hembra de 2" (50 mm)
- Enlace rosca macho de 3/4" (20 mm)
- Tapón de 2" (50 mm)
- Tapón de 3/4" (20 mm)
- Válvulas ramales de 3/4" (20 mm)
- Conectores iniciales de 3/4" (20 mm)
- Góteros regulables de 70 L/h
- Cinta teflón
- Broca manual de 20 mm

3.7. Procedimientos

3.7.1. Muestreo y análisis de suelo

Se realizó un muestreo compuesto del suelo del área experimental mediante la toma de cinco submuestras distribuidas en forma de “X” a una profundidad de 30 cm. Posteriormente, se obtuvo una muestra representativa de 1 kilo, la cual fue enviada al Laboratorio de Suelos y Aguas (LABSAF Canaan) del INIA Ayacucho para su análisis físico-químico.

3.7.2. Prueba de germinación de semillas

Se realizó una prueba de germinación en el laboratorio de la UNAH para evaluar la viabilidad del lote de semillas, empleando dos repeticiones de 100 semillas colocadas en bandejas con papel toalla humedecido y mantenidas a temperatura ambiente y se obtuvo un porcentaje de germinación de 95 %.

3.7.3. Características físico-químicas del suelo experimental

En lo que corresponde al análisis de caracterización del suelo, este se realizó en el Laboratorio de Suelos, Agua y Foliares (LABSAF) - Sede Canaán - Ayacucho del INIA. Los resultados se presentan en la tabla 5 (Anexo 1).

Tabla 6

Propiedades físico-químicas del suelo del área experimental de Cangari

Parámetros	Unidad	LC	Valor
pH	unid. pH	0,1	7,2
Conductividad eléctrica	mS/m	1,0	7,7
Materia orgánica	%	0,2	1,6
Arena	%	—	38,90
Arcilla	%	—	25,95
Limo	%	—	35,14
Clase textural	—	—	Franco
Macronutrientes y componentes			
Carbonato de calcio equivalente	%	0,2	2,3
Fósforo disponible	mg/kg	0,1	22,2
Potasio disponible	mg/kg	2,7	482,6

Nitrógeno total	%	0,01	0,08
CICE	cmol(+)/Kg	—	24,58
Calcio intercambiable (Ca)	cmol(+)/Kg	0,2	18,1
Magnesio intercambiable (Mg)	cmol(+)/Kg	0,1	4,4
Sodio intercambiable (Na)	cmol(+)/Kg	0,1	0,8
Potasio intercambiable (K)	cmol(+)/Kg	0,1	1,2

Nota. LC = Límite de cuantificación; (—) indica que no reporta LC. Datos del reporte original del Laboratorio de Suelos, Agua y Foliares (LABSAF) - Sede Canaán - Ayacucho, INIA (04-11-2025).

3.7.4. Preparación de terreno

La preparación del terreno inició con la extracción de troncos y raíces grandes mediante el uso de retroexcavadora, seguida de la limpieza manual del área para retirar restos vegetales, piedras y raíces remanentes con apoyo de pico, rastrillo y carretilla. Posteriormente, se realizó una pasada de arado con tractor agrícola con la finalidad de remover el suelo, reducir la compactación, favorecer la aireación; luego se dejó en reposo durante 15 días debido a la presencia de malezas.

3.7.5. Surcado

Se efectuó la nivelación del terreno junto con la apertura de pequeños surcos a un distanciamiento de 0.80 m entre surcos y las calles contaron con un ancho de 1 m facilitando la siembra.

3.7.6. Instalación del sistema de riego por goteo

Se instaló un sistema de riego por goteo para el abastecimiento hídrico del cultivo, iniciando con la colocación de un soporte metálico y tanque rotoplas destinado al almacenamiento de agua para riego por gravedad. Posteriormente, se dispuso una línea principal conectada a líneas secundarias distribuidas a lo largo del área experimental. Finalmente, se instalaron los goteros a una distancia de 0.30 m.

3.7.7. Demarcación del terreno

Previo al establecimiento del experimento, se elaboró un croquis del terreno para organizar la distribución de bloques, tratamientos, calles y bordes dentro del área experimental; posteriormente, se realizó la medición y marcación mediante wincha, cal agrícola, hilos y carrizos, delimitando de manera ordenada las unidades experimentales según el diseño establecido.

3.7.8. Inoculación y coinoculación de semillas

Previo a la siembra, se pesaron 100 g de semillas de frijol canario Centenario por tratamiento utilizando una balanza gramera, los cuales fueron inoculados y coinoculados con los biofertilizantes con las dosis establecidas para cada tratamiento, finalizando con el secado de las semillas bajo sombra antes de la siembra.

3.7.9. Siembra e identificación

La siembra se realizó el 18 de diciembre de 2025 de forma manual, utilizando un hoyador a una profundidad aproximada de 5 cm, colocando 3 semillas por golpe con un distanciamiento de 0.80 m entre surcos y 0.30 m entre plantas. Asimismo, se colocaron letreros para identificar los bloques y unidades experimentales, facilitando la aplicación de tratamientos y el seguimiento de las evaluaciones durante el desarrollo del cultivo.

3.7.10. Aplicación de biofertilizantes

La aplicación de biofertilizantes se realizó de acuerdo con las dosis establecidas para cada tratamiento en tres momentos del ciclo del cultivo, correspondientes a los estadios fenológicos V2 (primera hoja), R5 (inicio de floración) y R7 (inicio de llenado de vainas). La primera aplicación se efectuó el 30 de diciembre de 2025, seguida de una segunda el 04 de febrero de 2026 y una tercera el 26 de febrero de 2026. Las aplicaciones se realizaron mediante drench dirigido a la base de la planta utilizando una mochila pulverizadora con capacidad de 20 L, empleando 5 L de agua por tratamiento y efectuándose en horas de la mañana.

3.7.11. Manejo del cultivo

3.7.11.1. Riego

El riego del cultivo se complementó mediante un sistema de riego por goteo, considerando las precipitaciones registradas durante el periodo experimental. La aplicación del riego por goteo se realizó cuando fue necesario, de acuerdo con las condiciones de humedad del suelo observadas en campo, con la finalidad de mantener una adecuada disponibilidad de agua para el crecimiento y desarrollo productivo del frijol canario variedad Centenario. En la Tabla 7 se presenta la precipitación acumulada mensual registrada durante el periodo de estudio.

Tabla 7

Precipitación acumulada mensual durante el periodo de estudio

Mes / Año	Precipitación acumulada (mm/mes)
Diciembre 2025	1,5 mm
Enero 2026	52,4 mm
Febrero 2026	94,8 mm
Marzo 2026	61,0 mm
Abril 2026	14,2 mm
Mayo 2026	3,0 mm
Junio 2026	0,5 mm

Nota. La precipitación acumulada corresponde al total mensual. Adaptado de SENAMHI (2026).

3.7.11.2. Control de malezas

El control de malezas se realizó de forma manual y mecánica durante el ciclo del cultivo, mediante la eliminación de especies competidoras presentes entresurcos y bordes de las parcelas con apoyo de azadón y machete. Esta labor se efectuó en cuatro oportunidades, correspondientes al 27 de diciembre de 2025, 07 de enero, 20 de enero y 12 de marzo de 2026.

3.7.11.3. Control fitosanitario

El manejo fitosanitario se realizó durante todo el ciclo del cultivo mediante monitoreo constante y aplicación de medidas preventivas y correctivas. Para el control de pulgón negro (*Aphis fabae*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y cortador de tallo (*Agrotis* spp.), se aplicó alfacipermetrina (Fastac®) a una dosis de 30 cc por 20 L de agua. Asimismo, para complementar el manejo de mosca blanca (*Bemisia tabaci*), mosca minadora (*Liriomyza* spp.) se utilizó aceite vegetal de soya a razón de 120 mL por 20 L de agua.

Adicionalmente, se instalaron trampas amarillas de 50 × 70 cm fijadas sobre soportes de 90 cm de longitud; posteriormente, se aplicó zapicol de forma manual con brocha sobre la superficie de cada trampa, realizándose renovaciones periódicas durante el ciclo del cultivo para el control de la mosca blanca, pulgón negro, polillas (*Lepidoptera* spp.) y lorito verde (*Empoasca kraemeri*). Finalmente, se eliminaron plantas afectadas por moho blanco (*Sclerotinia* spp.) y problemas asociados a pudrición de raíz y cuello, evitando su propagación dentro del área experimental.

3.7.12. Cosecha

La cosecha se realizó a los 130 días después de la siembra, cuando las plantas alcanzaron su madurez fisiológica y presentaron la mayoría de vainas con tonalidades amarillentas y pajizas características. Esta labor se efectuó manualmente mediante arranque de plantas, seguido del secado en campo y trilla manual para la obtención del grano.

3.7.13. Evaluación de variables

La evaluación de las variables del desarrollo productivo del cultivo se realizó en 14 plantas seleccionadas al azar de los surcos centrales del área útil de cada unidad experimental, durante las fases vegetativa y reproductiva.

a) Fase vegetativa

Días a la emergencia: se evaluó entre el sexto y séptimo día después de la siembra (DDS), contabilizando los días transcurridos hasta la aparición de los cotiledones del frijol canario centenario sobre la superficie del suelo.

Diámetro de tallo (mm): se evaluó a los 56 DDS, realizando la medición a 2 cm sobre el nivel del suelo; los valores obtenidos fueron promediados.

Altura de planta (cm): se evaluó a los 14, 28 y 56 DDS, midiendo desde la base del tallo hasta el ápice de la planta con una regla milimétrica; los valores obtenidos fueron promediados.

b) Fase reproductiva

Días a la floración: se evaluó a partir de los 51 DDS durante 12 días consecutivos, registrando el tiempo transcurrido hasta el inicio de la floración, ya que la floración se presentó de manera diferenciada entre los tratamientos en estudio.

Número de vainas por planta: se determinó al momento de la cosecha mediante la recolección total de vainas de cada una de las 14 plantas seleccionadas, las cuales fueron colocadas en bolsas de muestreo para su posterior conteo; finalmente, los valores obtenidos fueron promediados.

Número de granos por vaina: consistió en tomar al azar 14 vainas de las plantas seleccionadas, posteriormente se realizó el conteo del número de granos por vaina; los valores obtenidos fueron promediados.

Peso de 100 semillas (g): consistió en cosechar y trillar las vainas obtenidas de las plantas seleccionadas; posteriormente, se tomaron aleatoriamente 100 semillas, las cuales fueron pesadas en una balanza de precisión. Asimismo, se determinó el contenido de humedad del grano mediante un analizador de humedad KERN modelo DAB, corrigiendo el peso al 14 % de humedad.

Rendimiento (t/ha): consistió en cosechar todas las vainas de las plantas seleccionadas, las cuales fueron trilladas y pesadas en una balanza de precisión. Posteriormente, se determinó el contenido de humedad con un analizador de humedad KERN modelo DAB, el peso obtenido fue ajustado a

14 % de humedad y finalmente extrapolado a t/ha mediante regla de tres simple.

3.8. Análisis de datos

Los datos obtenidos de las variables del desarrollo productivo del cultivo de frijol canario variedad Centenario fueron registrados en fichas de evaluación de campo y posteriormente organizados en hojas de cálculo de Microsoft Excel para su análisis estadístico. La información fue procesada en el software IBM SPSS Statistics versión 21.0.0.0. Previamente, se verificó el cumplimiento de los supuestos. En los casos en que estos no se cumplieron, se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman. Luego, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) al 5 % de significancia para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Finalmente, se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey al 95 % de confianza, para identificar diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Los resultados se presentan de acuerdo con el objetivo general y los objetivos específicos planteados en la investigación, orientados a evaluar el efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el desarrollo productivo del frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Centenario bajo condiciones de riego tecnificado. En primer lugar, se presentan los resultados correspondientes al primer objetivo específico, mediante la dimensión crecimiento vegetativo, que comprende las variables días a la emergencia, altura de planta, diámetro del tallo y días a la floración. En segundo lugar, se exponen los resultados del segundo objetivo específico mediante la dimensión componentes del rendimiento, que incluye las variables número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de 100 semillas. Finalmente, se presentan los resultados del tercer objetivo específico mediante la dimensión rendimiento, expresada en toneladas por hectárea.

4.1.1. Respuesta al objetivo general

Con la finalidad de dar cumplimiento al objetivo general, referido a evaluar el efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el desarrollo productivo del frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta, se realizó el contraste de la hipótesis general. De acuerdo con el cumplimiento de los supuestos estadísticos, se aplicaron la prueba de Friedman y el análisis de varianza (ANOVA), según correspondió, para evaluar la hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos no influye significativamente en el desarrollo productivo del frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos influye significativamente en el desarrollo productivo del frijol canario

(*Phaseolus vulgaris* L.) var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado.

Tabla 8

Contraste de la hipótesis general para el desarrollo productivo del frijol canario

Dimensión	Variable	Prueba estadística	Sig.
Crecimiento vegetativo	Días a la emergencia	Friedman	0,010
	Diámetro del tallo	ANOVA	0,029
	Altura de planta (14 DDS)	ANOVA	0,000
	Altura de planta (28 DDS)	ANOVA	0,000
	Altura de planta (56 DDS)	ANOVA	0,004
	Días a la floración	ANOVA	0,000
Componentes del rendimiento	Número de vainas por planta	ANOVA	0,001
	Número de granos por vaina	ANOVA	0,000
	Peso de 100 semillas	ANOVA	0,000
Rendimiento	Rendimiento (t/ha)	ANOVA	0,001

Nota. Sig.: nivel de significancia; ANOVA: análisis de varianza; DDS: días después de la siembra.

Los resultados presentados en la tabla 8 evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables que conforman el desarrollo productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) canario variedad Centenario, debido a que los valores de significancia obtenidos fueron inferiores al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$). En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), concluyéndose que la aplicación de los biofertilizantes microbianos influyó significativamente en el desarrollo productivo del cultivo bajo condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta.

4.1.2. Dimensión: Crecimiento vegetativo

Con la finalidad de dar cumplimiento al primer objetivo específico, referido a determinar el efecto de los biofertilizantes microbianos sobre el crecimiento vegetativo del frijol canario var. Centenario bajo riego tecnificado, se presentan los resultados obtenidos para las variables evaluadas durante el desarrollo del cultivo.

4.1.2.1. Resultados de los días a la emergencia

a. Análisis descriptivo

Tabla 9

Descriptivos de los días a la emergencia de plántulas

Tratamiento	Media (días)	Desviación estándar	N
T1	7.000	0.000	3
T2	7.000	0.000	3
T3	7.000	0.000	3
T4	7.000	0.000	3
T5	6.000	0.000	3
T6	7.000	0.000	3
Total	6.833	0.383	18

Nota. N: Tamaño de la muestra.

Los resultados descriptivos presentados en la tabla 8 evidencian una emergencia altamente uniforme entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T5 registró el menor tiempo de emergencia, con una media de 6.00 días después de la siembra, mientras que los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T6 presentaron una media de 7.00 días. Asimismo, todos los tratamientos mostraron una desviación estándar igual a 0.00, lo que indica ausencia de variabilidad entre las repeticiones y una respuesta completamente homogénea dentro de cada tratamiento. En términos generales, el promedio global de emergencia fue de 6.83 días, reflejando que las plántulas alcanzaron esta etapa en un periodo corto y uniforme bajo las condiciones del experimento.

b. Prueba no paramétrica

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk indicó que los datos de los días a la emergencia no siguieron una distribución normal ($p < .001$). Por tal motivo, se empleó la prueba no paramétrica de Friedman para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos evaluados y establecer si correspondía rechazar la hipótesis nula o aceptar la hipótesis alternativa.

- **Hipótesis Nula (H_0):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos no influye en los días a la emergencia.

- **Hipótesis Alternativa (H₁):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos influye en los días a la emergencia.

Tabla 10

Estadísticos de la prueba de Friedman para los días a la emergencia

Estadístico de contraste	Valor
<i>N</i>	3
Chi-cuadrado	15.000
<i>gl</i>	5
Sig. asintót.	0.010

Nota. *N*: número de bloques o repeticiones; *gl*: grados de libertad; *Sig. asintót.*: nivel de significancia real o valor *p*.

La tabla 10 presenta los resultados de la prueba de Friedman para la variable días a la emergencia. El análisis mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($\chi^2 = 15.000$; *gl* = 5; *p* = .010), debido a que el nivel de significancia fue inferior a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, evidenciando que los tratamientos influyeron significativamente en el tiempo de emergencia de las plántulas de frijol. En términos descriptivos, el tratamiento T5 registró la emergencia más temprana con una media de 6 días después de la siembra, mientras que los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T6 alcanzaron la emergencia a los 7 días.

c. Prueba de Friedman

Tabla 11

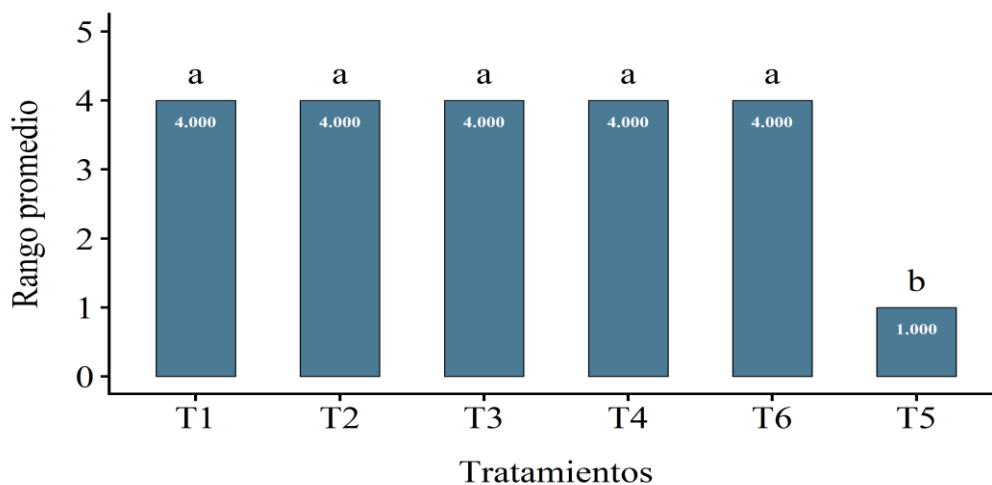
Rangos promedio de la prueba de Friedman para los días a la emergencia

Tratamiento	Rango promedio	Grupo estadístico
T1	4.000	a
T2	4.000	a
T3	4.000	a
T4	4.000	a
T6	4.000	a
T5	1.000	b

Nota. Rangos promedio con letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas según las comparaciones por pares.

Figura 15

Efecto de los tratamientos en los rangos promedio de días a la emergencia



Nota. Rangos promedio con letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas según las comparaciones por pares ($p < 0.05$).

La prueba de Friedman presentada en la tabla 11 y la figura 15 permitió identificar diferencias en los días a la emergencia entre los tratamientos evaluados. Los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T6 conformaron el grupo estadístico "a", registrando un comportamiento similar con una emergencia promedio de 7 días después de la siembra. En contraste, el tratamiento T5 se ubicó de manera exclusiva en el grupo "b", presentando el menor tiempo de emergencia con una media de 6 días. Estos resultados indican que T5 favoreció una emergencia más temprana de las plántulas en comparación con los demás tratamientos evaluados.

4.1.2.2. Resultados del diámetro del tallo

a. Análisis descriptivo

Tabla 12

Descriptivos del diámetro del tallo (mm) a los 56 DDS

Tratamiento	Media (mm)	Desviación estándar	N
T1	6,037	0,176	3
T2	6,207	0,240	3

T3	6,257	0,659	3
T4	6,177	0,214	3
T5	6,067	0,316	3
T6	7,017	0,223	3
Total	6,293	0,449	18

Nota. N: Tamaño de la muestra; mm: milímetros.

El análisis descriptivo del diámetro del tallo a los 56 DDS mostró diferencias entre los tratamientos evaluados (Tab. 12). El tratamiento T6 (BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento® – 5 L/ha) registró el mayor promedio con 7.017 mm y una desviación estándar de 0.223, seguido por T3 (BioVitalis® Micorriza – 7 L/ha), que alcanzó una media de 6.257 mm y una desviación estándar de 0.659. Asimismo, T2 (BioVitalis® Micorriza – 4 L/ha) presentó un promedio de 6.207 mm con una desviación estándar de 0.240, mientras que T4 (Bacter Crecimiento® – 2 L/ha) registró una media de 6.177 mm y una desviación estándar de 0.214. Por su parte, T5 (Bacter Crecimiento® – 4 L/ha) alcanzó un promedio de 6.067 mm con una desviación estándar de 0.316, en tanto que el tratamiento testigo T1 presentó el menor valor con 6.037 mm y una desviación estándar de 0.176. La media general del experimento fue de 6.293 mm y la desviación estándar global alcanzó un valor de 0.449, observándose una diferencia de 0.980 mm entre el menor y el mayor promedio registrado para esta variable.

b. Análisis de varianza (ANOVA)

Los datos del diámetro del tallo siguen una distribución normal y varianzas homogéneas (Anexo 6), por lo que se realiza el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos no influye en el diámetro del tallo.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos influye en el diámetro del tallo.

Tabla 13*Análisis de varianza para el diámetro del tallo (mm) a los 56 DDS*

Origen	Suma de cuadrad os	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Bloque	0,443	2	0,222	2,235	0,158
Tratamiento	1,989	5	0,398	4,011	0,029
Error	0,992	10	0,099		
Total corregida	3,424	17			

Nota. gl: grados de libertad; F: valor de F calculado; Sig.: nivel de significancia.

Los resultados obtenidos (Tab. 13) muestran que los bloques no ejercieron un efecto estadísticamente significativo sobre el diámetro del tallo ($F = 2.235$; $p = 0.158$), lo que indica que las diferencias observadas en esta variable no estuvieron asociadas a la variabilidad entre bloques. En contraste, el factor tratamiento presentó un efecto estadísticamente significativo ($F = 4.011$; $p = 0.029$), debido a que el valor de significancia fue inferior al nivel establecido ($\alpha = 0.05$), evidenciando diferencias en la respuesta de los tratamientos evaluados respecto al diámetro del tallo. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyéndose que la aplicación de los biofertilizantes microbianos influyó significativamente en el diámetro del tallo del cultivo de frijol. Por ello, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar las diferencias entre los tratamientos evaluados.

c. Prueba de Tukey

Tabla 14*Prueba de Tukey para el diámetro del tallo (mm) a los 56 DDS*

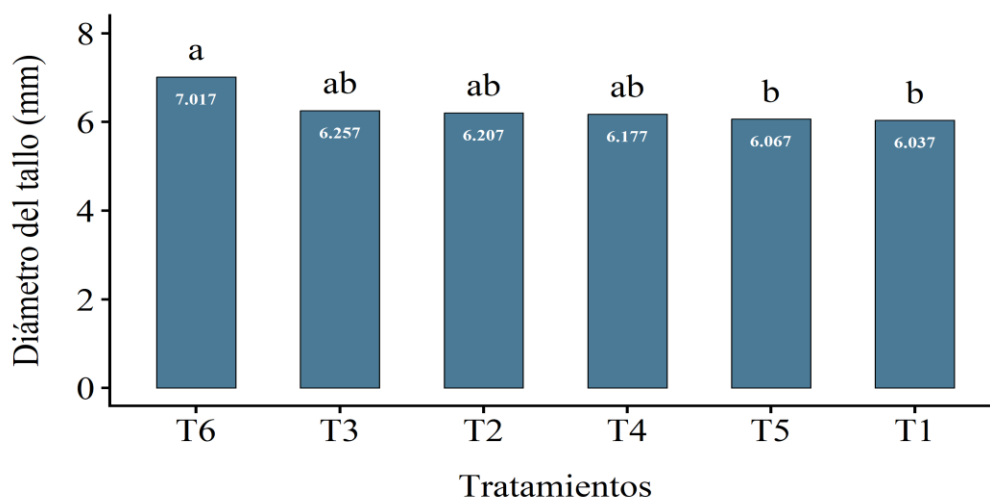
Tratamiento	N	Media (mm)	Grupo estadístico
T6	3	7,017	a
T3	3	6,257	ab
T2	3	6,207	ab

T4	3	6,177	ab
T5	3	6,067	b
T1	3	6,037	b

Nota. N: tamaño de la muestra. Medias seguidas por letras iguales no presentan diferencias significativas entre sí.

Figura 16

Efecto de los tratamientos en el diámetro del tallo



Nota. (mm): milímetros. Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey, presentados en la tabla 14 y la figura 16, muestran que el tratamiento T6 registró el mayor diámetro de tallo, con una media de 7.017 mm, ubicándose de forma exclusiva en el grupo estadístico superior (a). Los tratamientos T3, T2 y T4 alcanzaron valores intermedios de 6.257, 6.207 y 6.177 mm, respectivamente, conformando el grupo ab, por lo que no presentaron diferencias estadísticas significativas con T6 ni con los tratamientos del grupo inferior. Por su parte, T5 y T1 registraron las menores medias, con 6.067 y 6.037 mm, respectivamente, integrando el grupo estadístico b, sin diferencias significativas entre ambos.

4.1.2.3. Resultados de la altura de planta

a. Análisis descriptivo

Tabla 15*Descriptivos de la altura de planta (cm) a los 14, 28 y 56 días*

Tto.	14 DDS			28 DDS			56 DDS		
	Med.	Dev. est.	N	Med.	Dev. est.	N	Med.	Dev. est.	N
T1	5.57	0.31	3	13.57	0.68	3	45.87	2.80	3
T2	6.19	0.33	3	14.40	0.95	3	49.81	2.69	3
T3	6.21	0.31	3	15.40	0.77	3	49.43	3.91	3
T4	7.72	0.06	3	14.80	0.04	3	51.80	1.39	3
T5	8.32	0.03	3	17.91	0.26	3	55.98	2.44	3
T6	6.26	0.15	3	14.70	0.43	3	50.26	1.84	3
Total	6.71	1.02	18	15.13	1.49	18	50.53	3.82	18

Nota. Tto.: tratamiento; DDS: días después de la siembra; Med.: media; Dev. est.: desviación estándar; N: tamaño de la muestra.

El análisis descriptivo de la altura de planta mostró variaciones entre los tratamientos evaluados desde las primeras etapas de desarrollo del cultivo (Tab. 15). A los 14 DDS, el tratamiento T5 (Bacter Crecimiento® – 4 L/ha) registró la mayor altura promedio con 8.32 cm y una desviación estándar de 0.03, seguido por T4 (Bacter Crecimiento® – 2 L/ha), que alcanzó una media de 7.72 cm con una desviación estándar de 0.06. El tratamiento T6 (BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento® – 5 L/ha) presentó una altura promedio de 6.26 cm y una desviación estándar de 0.15, mientras que T3 (BioVitalis® Micorriza – 7 L/ha) registró una media de 6.21 cm con una desviación estándar de 0.31. De igual forma, T2 (BioVitalis® Micorriza – 4 L/ha) alcanzó una altura promedio de 6.19 cm y una desviación estándar de 0.33; por su parte, el tratamiento testigo T1 mostró el menor valor con 5.57 cm y una desviación estándar de 0.31. Para esta evaluación, la media general fue de 6.71 cm y la desviación estándar global de 1.02.

A los 28 DDS, la altura promedio osciló entre 13.57 y 17.91 cm, correspondiendo nuevamente el mayor valor a T5, con una media de 17.91 cm y una desviación estándar de 0.26. Los tratamientos T3, T4, T6 y T2 registraron alturas promedio de 15.40, 14.80, 14.70 y 14.40 cm, con desviaciones estándar

de 0.77, 0.04, 0.43 y 0.95, respectivamente, en tanto que el tratamiento testigo presentó el menor promedio con 13.57 cm y una desviación estándar de 0.68; asimismo, la media general de esta evaluación fue de 15.13 cm y la desviación estándar global alcanzó un valor de 1.49.

A los 56 DDS, los valores promedio variaron entre 45.87 y 55.98 cm, manteniéndose T5 como el tratamiento con mayor altura al registrar una media de 55.98 cm y una desviación estándar de 2.44, seguido por T4 con 51.80 cm y una desviación estándar de 1.39. Los tratamientos T6, T2 y T3 alcanzaron promedios de 50.26, 49.81 y 49.43 cm, con desviaciones estándar de 1.84, 2.69 y 3.91, respectivamente, mientras que el tratamiento testigo presentó el menor valor con 45.87 cm y una desviación estándar de 2.80; para esta etapa, la media general fue de 50.53 cm y la desviación estándar global de 3.82.

b. Análisis de varianza (ANOVA)

Los datos de la altura de planta siguen una distribución normal y varianzas homogéneas (Anexo 6), por lo que se realiza el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos no influye en la altura de la planta.
- **Hipótesis Alternativa (H_1):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos influye en la altura de la planta.

Tabla 16

Análisis de varianza para la altura (cm) a los 14, 28 y 56 días

Etapa de Evaluación	Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
14 DDS	Bloque	0.032	2	0.016	0.261	.775
	Tratamiento	16.894	5	3.379	54.823	.000
	Error	0.616	10	0.062		
	Total corregido	17.543	17			
28 DDS	Bloque	1.190	2	0.595	1.837	.209

	Tratamiento	33.164	5	6.633	20.489	.000
	Error	3.237	10	0.324		
	Total corregido	37.590	17			
56 DDS	Bloque	37.790	2	18.895	4.167	.048
	Tratamiento	164.528	5	32.906	7.258	.004
	Error	45.340	10	4.534		
	Total corregido	247.657	17			

Nota. DDS: días después de la siembra; *gl*: grados de libertad; *F*: valor de *F* calculado; *Sig.*: nivel de significancia.

Los resultados obtenidos (Tab. 14) muestran que, a los 16 DDS, la fuente de variación bloque no ejerció un efecto estadísticamente significativo sobre la altura de planta ($F = 0.261$; $p = 0.775$), lo que indica que las diferencias observadas no estuvieron asociadas a la variabilidad entre bloques. En contraste, el factor tratamiento presentó un efecto estadísticamente significativo ($F = 54.823$; $p < 0.000$), evidenciando diferencias en la respuesta de la variable evaluada.

A los 28 DDS los bloques tampoco mostraron un efecto estadísticamente significativo ($F = 1.837$; $p = 0.209$), mientras que el factor tratamiento mantuvo un efecto estadísticamente significativo ($F = 20.489$; $p < 0.000$), indicando la existencia de diferencias entre los tratamientos evaluados.

A los 56 DDS, los bloques presentaron un efecto estadísticamente significativo ($F = 4.167$; $p = 0.048$), sugiriendo que parte de la variabilidad observada estuvo asociada a las diferencias existentes entre bloques. Asimismo, el factor tratamiento continuó mostrando un efecto estadísticamente significativo sobre la altura de planta ($F = 7.258$; $p = 0.004$).

En consecuencia, debido a que los valores de significancia obtenidos para el factor tratamiento fueron inferiores al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$) en las tres etapas de evaluación, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyéndose que la aplicación de los

biofertilizantes microbianos influyó significativamente en la altura de planta del cultivo de frijol. Por ello, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar las diferencias entre los tratamientos evaluados.

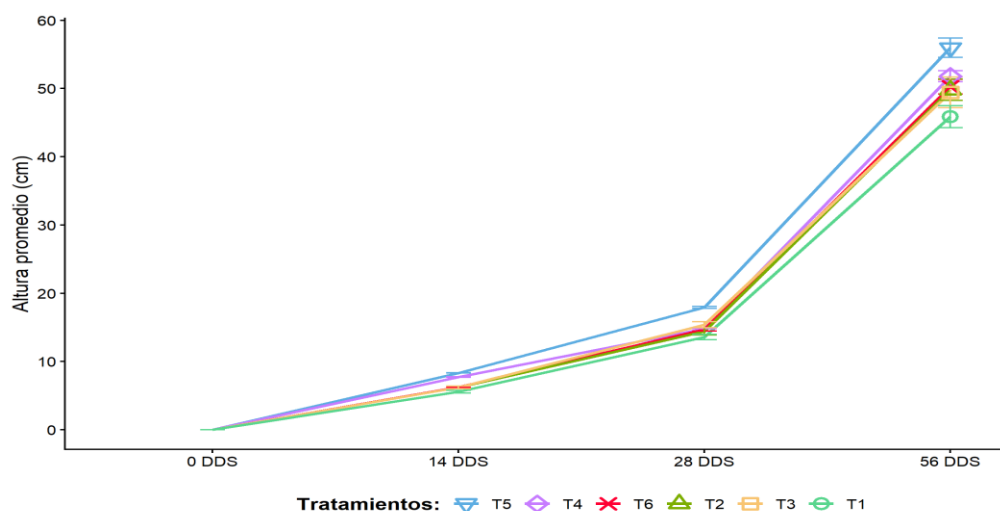
c. Prueba de Tukey

Tabla 17

Prueba de Tukey para la altura (cm) a los 14, 28 y 56 días

Etapas de evaluación	Tratamiento	N	Med.	Grupo estadístico
14 DDS	T5	3	8.323	a
	T4	3	7.717	a
	T6	3	6.263	b
	T3	3	6.207	b
	T2	3	6.190	b
	T1	3	5.573	b
28 DDS	T5	3	17.910	a
	T3	3	15.400	b
	T4	3	14.803	bc
	T6	3	14.700	bc
	T2	3	14.403	bc
	T1	3	13.570	c
56 DDS	T5	3	55.980	a
	T4	3	51.797	ab
	T6	3	50.260	ab
	T2	3	49.813	b
	T3	3	49.433	b
	T1	3	45.867	b

Nota. N: tamaño de la muestra. Medias seguidas por letras iguales no presentan diferencias significativas entre sí. DDS: días después de la siembra.

Figura 17*Evolución de la altura promedio del frijol cv. Centenario*

Nota. DDS: días después de la siembra. Las barras verticales indican el error estándar (EE).

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey para la altura de planta, presentados en la tabla 17 y la figura 17, muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos en las tres etapas de evaluación. A los 14 DDS, los tratamientos T5 (8.323 cm) y T4 (7.717 cm) conformaron el grupo estadístico superior (a), sin diferencias significativas entre sí; mientras que T6 (6.263 cm), T3 (6.207 cm), T2 (6.190 cm) y T1 (5.573 cm) integraron el grupo b, sin diferencias significativas entre ellos.

A los 28 DDS, el tratamiento T5 registró la mayor altura de planta con 17.910 cm, conformando de manera exclusiva el grupo estadístico a. El tratamiento T3 alcanzó una media de 15.400 cm, integrando el grupo b, mientras que T4 (14.803 cm), T6 (14.700 cm) y T2 (14.403 cm) conformaron el grupo bc, por lo que no presentaron diferencias estadísticas significativas con T3 ni con el tratamiento T1, que registró la menor altura (13.570 cm) y se ubicó en el grupo c.

A los 56 DDS, el tratamiento T5 mantuvo la mayor altura de planta (55.980 cm), ubicándose en el grupo estadístico a. Los tratamientos T4 (51.797 cm) y T6 (50.260 cm) integraron el grupo ab, por lo que no presentaron diferencias estadísticas significativas con T5 ni con los tratamientos del grupo b. Finalmente, T2 (49.813 cm), T3 (49.433 cm) y el tratamiento T1 (45.867 cm)

conformaron el grupo estadístico b, sin diferencias significativas entre sí, además la figura 15 evidencia una tendencia creciente de la altura de planta en todos los tratamientos a lo largo del periodo de evaluación, siendo el tratamiento T5 el que mantuvo los mayores valores desde los 14 hasta los 56 DDS.

4.1.2.4. Resultados de días a la floración

a. Análisis descriptivo

Tabla 18

Descriptivos de los días a la floración

Tratamiento	Media (días)	Desviación estándar	N
T1	61.000	1.000	3
T2	59.333	0.577	3
T3	57.000	1.000	3
T4	61.000	1.000	3
T5	57.667	1.155	3
T6	56.667	1.155	3
Total	58.611	2.016	18

Nota. N: Tamaño de la muestra.

El análisis descriptivo de los días a la floración mostró variaciones entre los tratamientos evaluados (Tab. 18). El tratamiento T6 (BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento® – 5 L/ha) registró el menor promedio con 56.67 días y una desviación estándar de 1.155, seguido por T3 (BioVitalis® Micorriza – 7 L/ha), que alcanzó una media de 57.00 días y una desviación estándar de 1.000. Asimismo, T5 (Bacter Crecimiento® – 4 L/ha) presentó un promedio de 57.67 días y una desviación estándar de 1.155, mientras que T2 (BioVitalis® Micorriza – 4 L/ha) registró una media de 59.33 días con una desviación estándar de 0.577. Por su parte, los tratamientos T1 (testigo) y T4 (Bacter Crecimiento® – 2 L/ha) presentaron los mayores promedios, ambos con 61.00 días y una desviación estándar de 1.000. La media general del experimento fue de 58.61 días y la desviación estándar global alcanzó un valor de 2.016, observándose una diferencia de 4.33 días entre el menor y el mayor promedio registrado para esta variable.

b. Análisis de varianza (ANOVA)

Los datos de los días a la floración siguen una distribución normal y varianzas homogéneas (Anexo 6), por lo que se realiza el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos no influye en los días a la floración.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos influye en los días a la floración.

Tabla 19

Análisis de varianza para días a la floración

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Bloque	10.778	2	5.389	44.091	.000
Tratamiento	57.111	5	11.422	93.455	.000
Error	1.222	10	,122		
Total corregida	69.111	17			

Nota. gl: grados de libertad; F: valor de F calculado; Sig.: nivel de significancia.

Los resultados obtenidos (Tab. 19) muestran que los bloques ejercieron un efecto estadísticamente significativo sobre los días a la floración ($F = 44.091$; $p > 0.000$), lo que indica que parte de la variabilidad observada en esta variable estuvo asociada a las diferencias existentes entre bloques, del mismo modo el factor tratamiento presentó un efecto estadísticamente significativo ($F = 93.455$; $p > 0.000$), debido a que el valor de significancia fue inferior al nivel establecido ($\alpha = 0.05$), evidenciando diferencias en la respuesta de los tratamientos evaluados respecto al tiempo requerido para alcanzar la floración. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyéndose que la aplicación de los biofertilizantes microbianos influyó significativamente en los días a la floración del cultivo de frijol. Por ello, se

procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar las diferencias entre los tratamientos evaluados.

c. Prueba de Tukey

Tabla 20

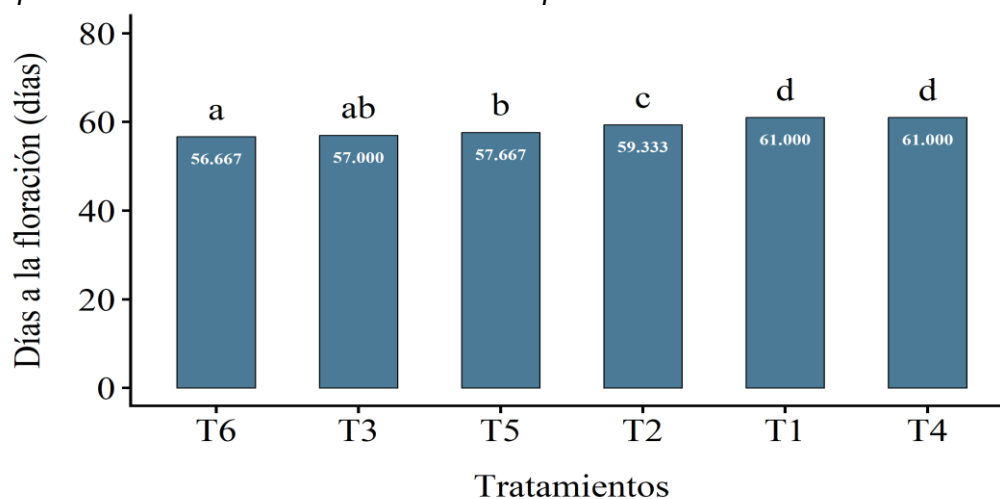
Prueba de Tukey para los días a la floración

Tratamiento	N	Media (días)	Grupo estadístico
T6	3	56.667	a
T3	3	57.000	ab
T5	3	57.667	b
T2	3	59.333	c
T1	3	61.000	d
T4	3	61.000	d

Nota. N: tamaño de la muestra. Medias seguidas por letras iguales no presentan diferencias significativas entre sí.

Figura 18

Efecto de los tratamientos en los días a la floración



Nota. Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey, presentados en la tabla 20 y la figura 18, muestran que el tratamiento T6 registró el menor promedio de días a la floración, con 56.667 días, ubicándose en el grupo estadístico superior (a). El tratamiento T3 presentó una media de 57.000 días,

conformando el grupo ab, por lo que no mostró diferencias estadísticas significativas con T6 ni con T5. Por su parte, T5 alcanzó un promedio de 57.667 días, integrando el grupo b, mientras que T2 registró 59.333 días, ubicándose en el grupo c. Finalmente, los tratamientos T1 y T4 presentaron los mayores promedios, con 61.000 días cada uno, conformando el grupo estadístico d, sin diferencias significativas entre sí.

4.1.3. Dimensión: componentes del rendimiento

Con la finalidad de dar cumplimiento al segundo objetivo específico, referido a evaluar la influencia de la aplicación de los biofertilizantes microbianos sobre el rendimiento del frijol canario var. Centenario bajo riego tecnificado, se presentan los resultados correspondientes a los componentes del rendimiento evaluados durante la cosecha.

4.1.3.1. Resultados del número de vainas por planta

a. Análisis descriptivo del número de vainas por planta

Tabla 21

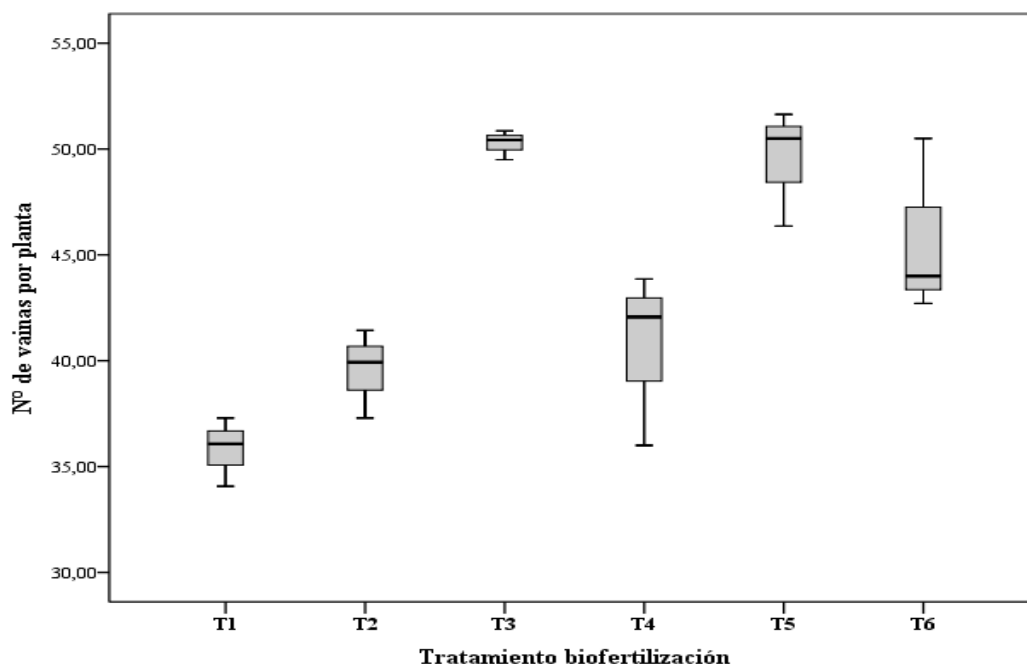
Número de vainas por planta según tratamiento

Tratamiento	Media	Desviación estándar	N
T 1	35.81	1.63	3
T2	39.55	2.09	3
T3	50.26	0.69	3
T4	40.64	4.12	3
T5	49.50	2.78	3
T 6	45.74	4.17	3
Total	43.58	5.98	18

Nota. N: Tamaño de la muestra.

Figura 19

Distribución del número de vainas por planta según tratamiento



Nota. La línea central indica la mediana; la caja y los bigotes representan la distribución de los datos.

Los resultados descriptivos del número de vainas por planta del frijol canario variedad Centenario, presentados en la tabla 21 y la figura 19, evidenciaron diferencias entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T3 (BioVitalis® Micorriza – 7 L/ha) registró el mayor promedio, con 50.26 vainas por planta y una baja variabilidad entre sus repeticiones ($DE = 0.69$). En orden descendente, se ubicaron T5 (Bacter Crecimiento® – 4 L/ha), con 49.50 vainas por planta ($DE = 2.78$), y T6 (BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento® – 5 L/ha), con 45.74 vainas por planta ($DE = 4.17$). Por su parte, los tratamientos T4 (Bacter Crecimiento® – 2 L/ha) y T2 (BioVitalis® Micorriza – 4 L/ha) alcanzaron promedios de 40.64 y 39.55 vainas por planta, con desviaciones estándar de 4.12 y 2.09, respectivamente. Finalmente, el tratamiento T1 (testigo) presentó el menor promedio, con 35.81 vainas por planta y una desviación estándar de 1.63.

En conjunto, la media general del experimento fue de 43.58 vainas por planta para las 18 observaciones evaluadas. La figura 19 mostró una distribución consistente con los resultados descriptivos, observándose una menor dispersión

de los datos en el tratamiento T3, mientras que T4 y T6 presentaron una mayor variabilidad entre las unidades experimentales. Asimismo, no se identificaron valores atípicos (outliers), lo que evidencia consistencia en las observaciones registradas durante la evaluación.

b. Análisis de varianza (ANOVA)

Los datos del número de vainas por planta siguen una distribución normal y varianzas homogéneas (Anexo 6), por lo que se realiza el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos no influye en el número de vainas por planta.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos influye en el número de vainas por planta.

Tabla 22

Análisis de varianza para el número de vainas por planta

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Bloque	10.86	2	5.43	0.61	.560
Tratamiento	508.81	5	101.76	11.51	.001
Error	88.43	10	8.84		
Total corregido	608.09	17			

Nota. gl: grados de libertad; F: valor de F calculado; Sig.: nivel de significancia.

Los resultados presentados (Tab. 22), los bloques no ejercieron un efecto estadísticamente significativo sobre el número de vainas por planta ($F = 0.61$; $p = 0.560$), lo que indica que las variaciones entre bloques no influyeron en el comportamiento de esta variable. En contraste, el factor tratamiento mostró un efecto estadísticamente significativo ($F = 11.51$; $p = 0.001$), debido a que el valor de probabilidad obtenido fue menor que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyéndose que la aplicación de los biofertilizantes

microbianos influyó significativamente en el número de vainas por planta del cultivo de frijol. Por ello, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar las diferencias entre los tratamientos evaluados.

c. Prueba de Tukey

Tabla 23

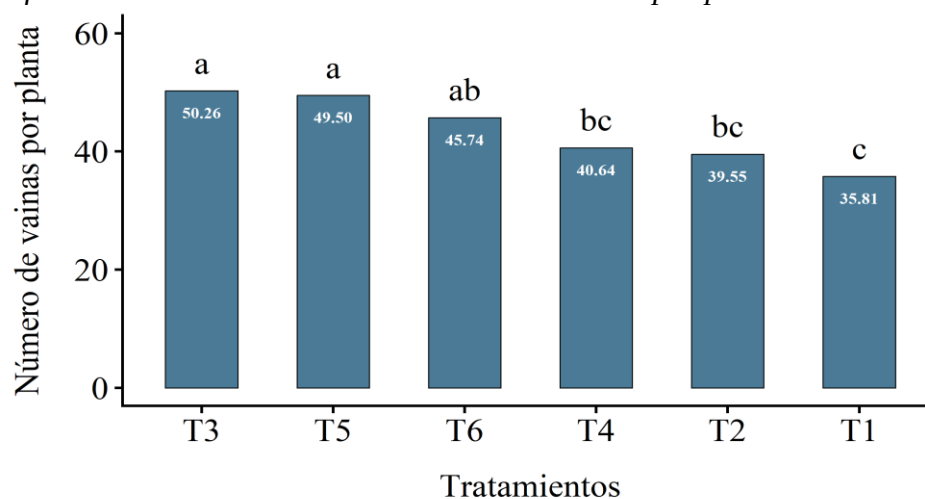
Prueba de Tukey para el número de vainas por planta

Tratamiento	N	Media (unidades)	Grupo estadístico
T3	3	50.26	a
T5	3	49.50	a
T6	3	45.74	ab
T4	3	40.64	bc
T2	3	39.55	bc
T1	3	35.81	c

Nota. N: tamaño de la muestra. Medias seguidas por letras iguales no presentan diferencias significativas entre sí.

Figura 20

Efecto de los tratamientos en el número de vainas por planta



Nota. Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey, presentados en la tabla 23 y la figura 20, muestran diferencias significativas entre los tratamientos evaluados para el número de vainas por planta. Los tratamientos

T3 (50.26 vainas por planta) y T5 (49.50 vainas por planta) conformaron el grupo estadístico superior (a), sin diferencias significativas entre sí. El tratamiento T6 registró un promedio de 45.74 vainas por planta, ubicándose en el grupo ab, por lo que compartió similitud estadística con los tratamientos de mayor desempeño. Por su parte, T4 (40.64 vainas por planta) y T2 (39.55 vainas por planta) integraron el grupo bc, mientras que el tratamiento T1 presentó el menor promedio, con 35.81 vainas por planta, conformando el grupo estadístico inferior (c).

4.1.3.2. Resultados del número de granos por vaina

a. Análisis descriptivo

Tabla 24

Descriptivos del número de granos por vaina

Tratamiento	Media	Desviación estándar	N
T 1	3.616	0.106	3
T2	4.116	0.040	3
T3	4.333	0.112	3
T4	3.786	0.075	3
T5	4.193	0.167	3
T 6	4.640	0.070	3
Total	4.114	0.358	18

Nota. N: Tamaño de la muestra.

El análisis descriptivo del número de granos por vaina mostró diferencias entre los tratamientos evaluados (Tab. 24). El mayor promedio se registró en T6 (BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento® – 5 L/ha), con 4.640 granos por vaina, acompañado de una desviación estándar de 0.070, lo que refleja una respuesta uniforme entre las unidades experimentales. En orden descendente, T3 (BioVitalis® Micorriza – 7 L/ha) alcanzó un promedio de 4.333 granos por vaina (DE = 0.112), seguido de T5 (Bacter Crecimiento® – 4 L/ha) con 4.193 granos por vaina (DE = 0.167) y T2 (BioVitalis® Micorriza – 4 L/ha), que registró una media de 4.116 granos por vaina (DE = 0.040). Por su parte, T4 (Bacter Crecimiento® – 2 L/ha) presentó un promedio de 3.786 granos por vaina (DE =

0.075), mientras que el tratamiento testigo (T1) registró el menor valor con 3.616 granos por vaina (DE = 0.106). La media general del experimento fue de 4.114 granos por vaina, con una desviación estándar global de 0.358 para las 18 observaciones evaluadas. Por lo tanto, de manera descriptiva, los tratamientos que recibieron biofertilizantes mostraron valores superiores al tratamiento sin aplicación, destacando T6 y T3 por presentar los mayores promedios para esta variable.

b. Análisis de varianza (ANOVA)

Los datos del número de granos por vaina siguen una distribución normal y varianzas homogéneas (Anexo 6), por lo que se realiza el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos no influye en el número de granos por vaina.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos influye en el número de granos por vaina.

Tabla 25

Análisis de varianza para el número de granos por vaina

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Bloque	0.007	2	0.004	0.291	.753
Tratamiento	2.057	5	0.411	33.868	.000
Error	0.121	10	0.012		
Total corregido	2.185	17			

Nota. gl: grados de libertad; F: valor de F calculado; Sig.: nivel de significancia.

Los resultados expuestos en la tabla 25, el análisis indicó que los bloques no ejercieron un efecto estadísticamente significativo sobre la variable ($F = 0.291$; $p = 0.753$). En contraste, el factor tratamiento mostró un efecto estadísticamente significativo, obteniendo un valor $F = 33.868$ y un nivel de significancia de $p < .001$. Dado que este valor de probabilidad fue inferior al nivel alfa establecido (α

= 0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1). Estos resultados evidencian que la aplicación de las distintas dosis de biofertilizantes influyó significativamente en el número de granos por vaina del cultivo de frijol canario centenario, por lo que se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar las diferencias específicas entre los tratamientos evaluados.

c. Prueba de Tukey

Tabla 26

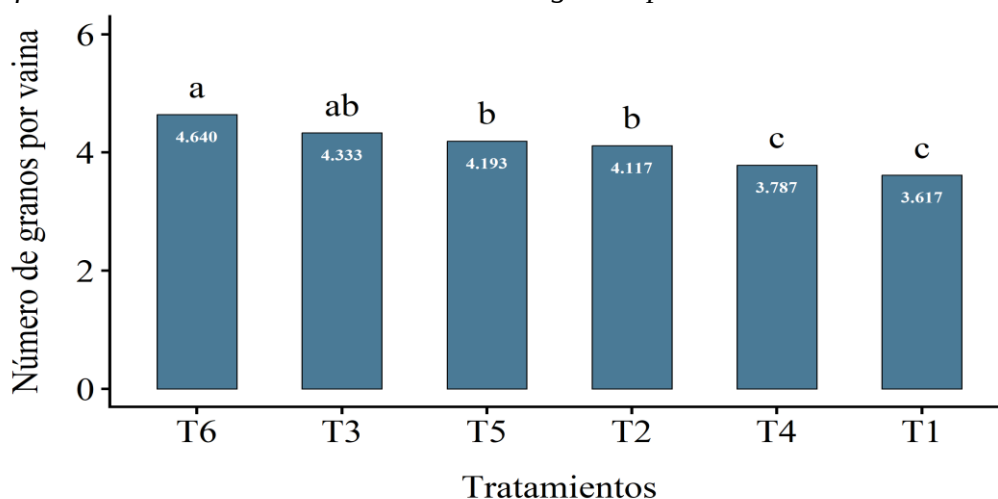
Prueba de Tukey para el número de granos por vaina

Tratamiento	N	Media (unidades)	Grupo estadístico
T 6	3	4.640	a
T3	3	4.333	ab
T 5	3	4.193	b
T 2	3	4.117	b
T4	3	3.787	c
T1	3	3.617	c

Nota. N: tamaño de la muestra. Medias seguidas por letras iguales no presentan diferencias significativas entre sí.

Figura 21

Efecto de los tratamientos en el número de granos por vaina



Nota. Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey, presentados en la tabla 26 y la figura 21, muestran que el tratamiento T6 registró el mayor promedio de 4.640 granos por vaina, ubicándose de forma exclusiva en el grupo estadístico superior (a). El tratamiento T3 alcanzó una media de 4.333 granos por vaina, conformando el grupo ab, por lo que no presentó diferencias estadísticas significativas con T6 ni con los tratamientos del grupo b. Asimismo, T5 y T2 registraron promedios de 4.193 y 4.117 granos por vaina, respectivamente, integrando el grupo estadístico b, sin diferencias significativas entre sí. Finalmente, T4 (3.787 granos por vaina) y el tratamiento T1 (3.617 granos por vaina) conformaron el grupo estadístico inferior (c), registrando los menores promedios para esta variable.

4.1.3.3. Resultados del peso de 100 semillas (g)

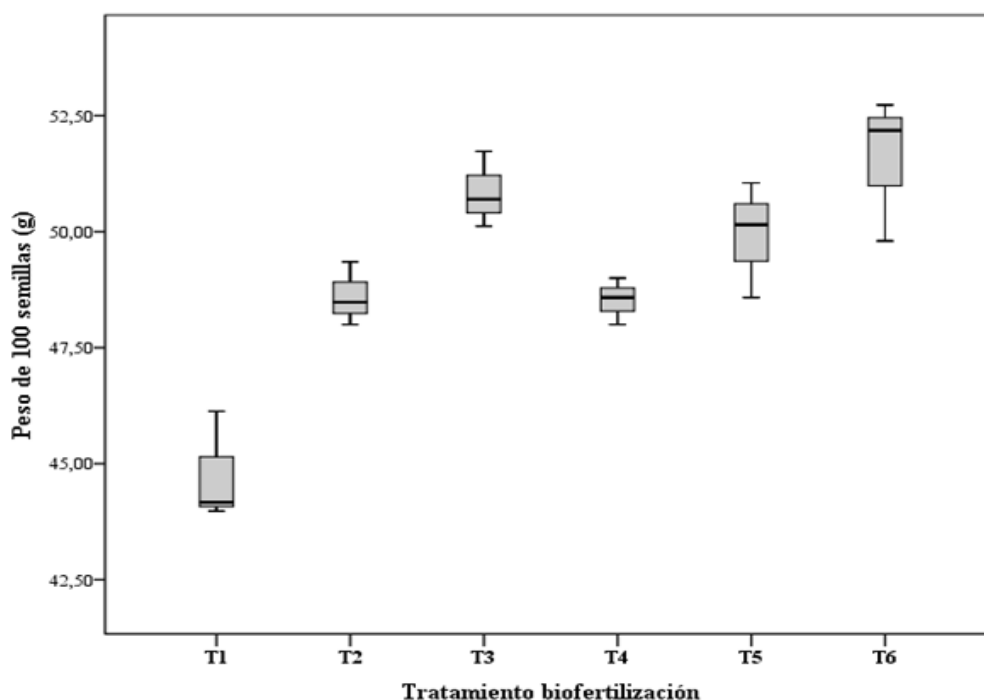
a. Análisis descriptivo

Tabla 27

Descriptivos del peso de 100 semillas según tratamiento

Tratamiento	Media (g)	Desviación estándar	N
T 1	44.760	1.190	3
T2	48.610	0.684	3
T3	50.850	0.815	3
T4	48.527	0.502	3
T5	49.927	1.250	3
T 6	51.570	1.557	3
Total	49.041	2.441	18

Nota. N: Tamaño de la muestra.

Figura 22*Distribución del peso de 100 semillas según tratamiento*

Nota. La línea central indica la mediana; la caja y los bigotes representan la distribución de los datos.

Los resultados descriptivos del peso de 100 semillas del frijol canario variedad Centenario, presentados en la tabla 27 y la figura 22, evidenciaron diferencias entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T6 (BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento® – 5 L/ha) registró el mayor promedio, con 51.570 g, aunque también presentó la mayor variabilidad entre sus repeticiones ($DE = 1.557$). En orden descendente, se ubicaron T3 (BioVitalis® Micorriza – 7 L/ha), con una media de 50.850 g ($DE = 0.815$), y T5 (Bacter Crecimiento® – 4 L/ha), con 49.927 g ($DE = 1.250$). Por su parte, T2 (BioVitalis® Micorriza – 4 L/ha) y T4 (Bacter Crecimiento® – 2 L/ha) alcanzaron promedios de 48.610 g ($DE = 0.684$) y 48.527 g ($DE = 0.502$), respectivamente, presentando este último la menor variabilidad entre las unidades experimentales. Finalmente, el tratamiento T1 (testigo) registró el menor promedio, con 44.760 g ($DE = 1.190$). En conjunto, la media general del experimento fue de 49.041 g para las 18 observaciones evaluadas. la figura 22 muestra una distribución consistente con los resultados descriptivos, observándose una menor dispersión de los datos en los tratamientos T2, T3 y T4, mientras que T6 presentó una mayor amplitud en la

distribución de las observaciones y no se identificaron valores atípicos (outliers), lo que evidencia consistencia en los datos registrados durante la evaluación.

b. Análisis de varianza (ANOVA)

Los datos del peso de 100 semillas siguen una distribución normal y varianzas homogéneas (Anexo 6), por lo que se realiza el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos no influye en el peso de 100 semillas.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos influye en el peso de 100 semillas.

Tabla 28

Análisis de varianza para el peso de 100 Semillas

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Bloque	8.249	2	4.124	7.737	.009
Tratamiento	87.690	5	17.538	32.898	.000
Error	5.331	10	0.533		
Total corregido	101.270	17			

Nota. gl: grados de libertad; F: valor de F calculado; Sig.: nivel de significancia.

El análisis de varianza presentado en la tabla 28 evidenció que la fuente de variación bloque ejerció un efecto estadísticamente significativo sobre el peso de 100 semillas, al registrar un valor $F = 7.737$ y un p-valor = .009, resultado que respalda la capacidad del diseño de bloques completos al azar para controlar parte de la variabilidad presente en el área experimental. Asimismo, el factor tratamiento mostró un efecto estadísticamente significativo ($F = 32.898$; $p < 0.001$). Dado que este nivel de significancia fue inferior al valor crítico establecido ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1). En consecuencia, se concluye que las distintas dosis de biofertilizantes influyeron significativamente en el peso de 100 semillas del

cultivo de frijol canario centenario, por lo que se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar las diferencias entre los tratamientos evaluados.

c. Prueba de Tukey

Tabla 29

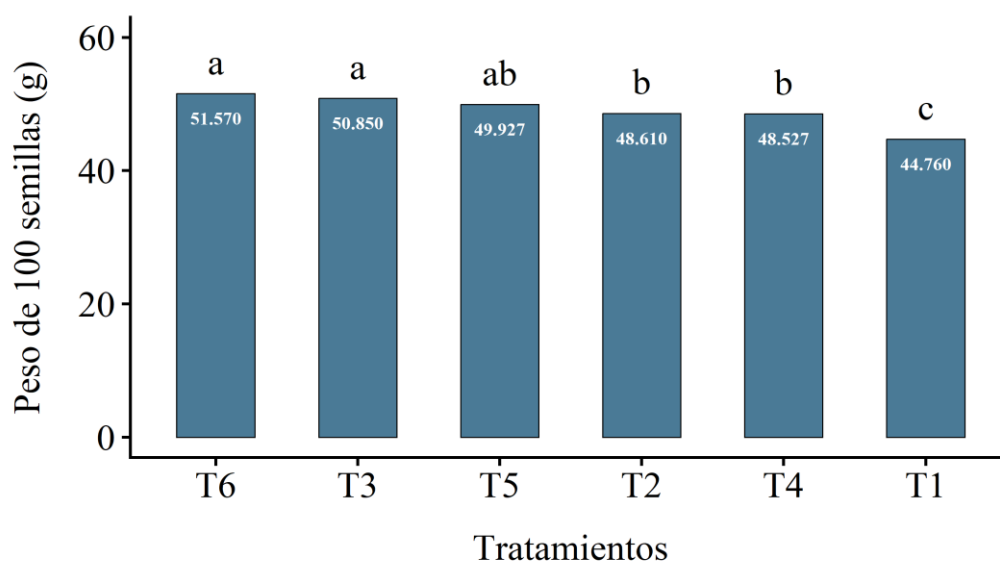
Prueba de Tukey para el peso de 100 Semillas

Tratamiento	N	Media (g)	Grupo estadístico
T6	3	51.570	a
T3	3	50.850	a
T5	3	49.927	ab
T2	3	48.610	b
T4	3	48.527	b
T1	3	44.760	c

Nota. N: tamaño de la muestra. Medias seguidas por letras iguales no presentan diferencias significativas entre sí.

Figura 23

Efecto de los tratamientos en el peso de 100 semillas



Nota. Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey, presentados en la tabla 29 y la figura 23, muestran que los tratamientos T6 (51.570

g) y T3 (50.850 g) registraron los mayores promedios de peso de 100 semillas, conformando el grupo estadístico superior (a), sin diferencias significativas entre sí. El tratamiento T5 alcanzó una media de 49.927 g, ubicándose en el grupo ab, por lo que no presentó diferencias estadísticas significativas con los tratamientos del grupo superior ni con aquellos del grupo b. Asimismo, T2 (48.610 g) y T4 (48.527 g) integraron el grupo estadístico b, sin diferencias significativas entre ambos. Finalmente, el tratamiento T1 presentó el menor promedio, con 44.760 g, conformando de manera exclusiva el grupo estadístico inferior (c).

4.1.4. Dimensión: rendimiento

Con la finalidad de dar cumplimiento al tercer objetivo específico, referido a determinar la mejor respuesta productiva del frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Centenario ante la aplicación de dos biofertilizantes microbianos bajo condiciones de riego tecnificado, se presentan los resultados obtenidos para el rendimiento productivo de los tratamientos evaluados.

4.1.4.1. Resultados del rendimiento (t/ha)

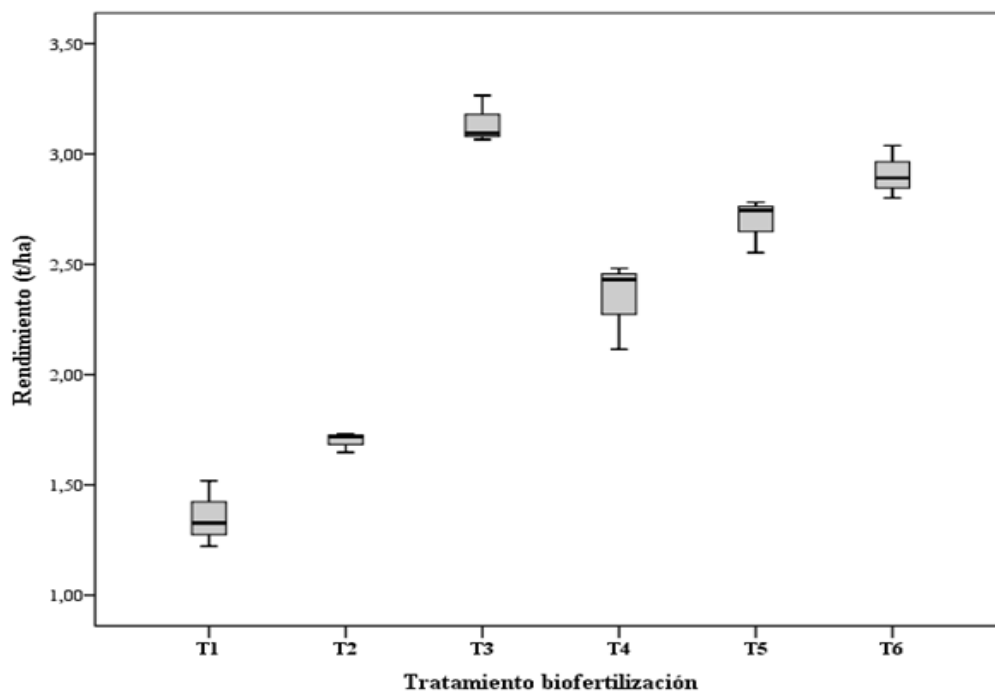
a. Análisis descriptivo

Tabla 30

Descriptivos del rendimiento del cultivo

Tratamiento	Media (t/ha)	Desviación estándar	N
T 1	1.356	0.151	3
T2	1.700	0.046	3
T3	3.141	0.108	3
T4	2.343	0.199	3
T5	2.693	0.123	3
T 6	2.910	0.120	3
Total	2.357	0.669	18

Nota. T1 a T6: Tratamientos de biofertilización. N: Tamaño de la muestra.

Figura 24*Distribución del rendimiento del cultivo según tratamiento*

Nota. La línea central indica la mediana; la caja y los bigotes representan la distribución de los datos.

Los resultados descriptivos del rendimiento del frijol canario variedad Centenario, presentados en la tabla 30 y la figura 24, evidenciaron diferencias entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T3 (BioVitalis® Micorriza – 7 L/ha) registró el mayor rendimiento, con una media de 3.141 t/ha y una baja dispersión entre sus repeticiones ($DE = 0.108$), observándose además la mediana más alta y una distribución compacta de los datos. En orden descendente, se ubicaron T6 (BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento® – 5 L/ha), con 2.910 t/ha ($DE = 0.120$), y T5 (Bacter Crecimiento® – 4 L/ha), con 2.693 t/ha ($DE = 0.123$), cuyos diagramas de caja mostraron una variabilidad ligeramente mayor que la de T3. Por su parte, T4 (Bacter Crecimiento® – 2 L/ha) presentó un rendimiento promedio de 2.343 t/ha y la mayor variabilidad entre las unidades experimentales ($DE = 0.199$), lo que se reflejó en una mayor amplitud de la caja y de los bigotes. En contraste, T2 (BioVitalis® Micorriza – 4 L/ha) alcanzó una media de 1.700 t/ha y registró la menor dispersión de los datos ($DE = 0.046$), evidenciando una respuesta más homogénea entre sus repeticiones. Finalmente, el tratamiento testigo T1 presentó el menor rendimiento, con 1.356 t/ha ($DE =$

0.151), ubicándose por debajo de los tratamientos biofertilizados. En conjunto, la media general del experimento fue de 2.357 t/ha para las 18 observaciones evaluadas. Asimismo, la figura 24 no mostró la presencia de valores atípicos (outliers), lo que indica consistencia en las observaciones registradas durante la evaluación.

b. Análisis de varianza (ANOVA)

Los datos del rendimiento total siguen una distribución normal y varianzas homogéneas (Anexo 6), por lo que se realiza el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos no influye en el rendimiento t/ha.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** La aplicación de los biofertilizantes microbianos influye en el rendimiento t/ha.

Tabla 31

Análisis de varianza para el rendimiento (t/ha)

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Bloque	0.030	2	0.015	0.818	.469
Tratamiento	7.401	5	1.480	81.813	.001
Error	0.181	10	0.018		
Total corregido	7.612	17			

Nota. gl: grados de libertad; F: valor de F calculado; Sig.: nivel de significancia.

El análisis de varianza mostrado en la tabla 31 indicó que la fuente de variación bloque no ejerció un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento del cultivo, al registrar un valor $F = 0.818$ y un $p = .469$, superior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). En contraste, el factor tratamiento presentó un efecto estadísticamente significativo, con un valor $F = 81.813$ y un $p = 0.001$. Debido a que este nivel de probabilidad fue inferior al valor crítico establecido ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis

alternativa (H_1). Estos resultados evidencian que la aplicación de los biofertilizantes microbianos influyó significativamente en la productividad del cultivo de frijol, por lo que se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar las diferencias entre los tratamientos evaluados.

c. Prueba de Tukey

Tabla 32

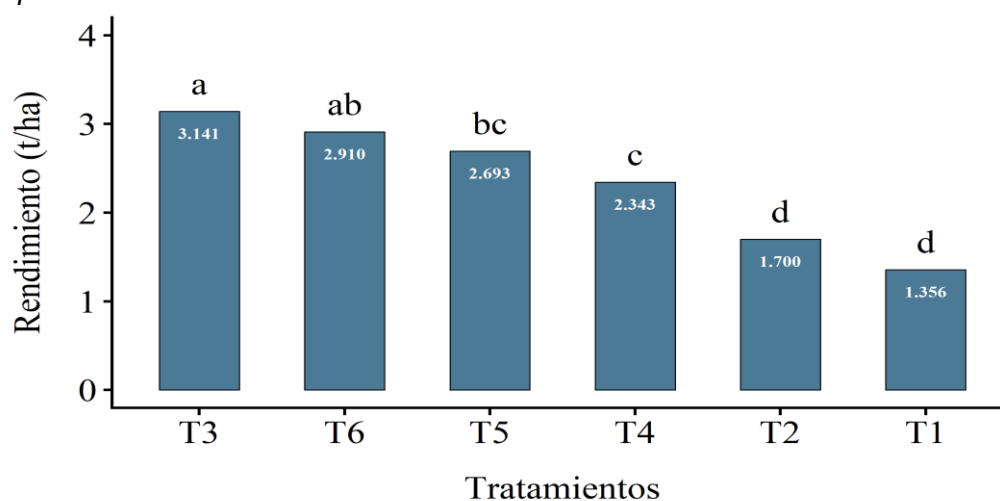
Prueba de Tukey para el rendimiento (t/ha)

Tratamiento	N	Media (t/ha)	Grupo estadístico
T3	3	3.141	a
T6	3	2.910	ab
T5	3	2.693	bc
T4	3	2.343	c
T2	3	1.700	d
T1	3	1.356	d

Nota. N: tamaño de la muestra. Medias seguidas por letras iguales no presentan diferencias significativas entre sí.

Figura 25

Efecto de los tratamientos en el rendimiento del cultivo



Nota. Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey, presentados en la tabla 32 y la figura 25, muestran que el tratamiento T3 registró

el mayor rendimiento, con 3.141 t/ha, ubicándose de forma exclusiva en el grupo estadístico superior (a). El tratamiento T6 alcanzó un promedio de 2.910 t/ha, conformando el grupo ab, por lo que no presentó diferencias estadísticas significativas con T3 ni con los tratamientos del grupo bc, el T5 registró un rendimiento de 2.693 t/ha, integrando el grupo estadístico bc, mientras que T4 obtuvo 2.343 t/ha, conformando de manera exclusiva el grupo c. Finalmente, T2 (1.700 t/ha) y el tratamiento T1 (1.356 t/ha) integraron el grupo estadístico inferior (d), sin diferencias significativas entre ambos.

4.2. Discusión

4.2.1. Días a la emergencia

Los resultados obtenidos evidenciaron que la aplicación de biofertilizantes microbianos influyó significativamente en los días a la emergencia del frijol canario var. Centenario, registrándose la emergencia más temprana con el tratamiento T5 (Bacter® Crecimiento – 4 L/ha), el cual alcanzó la emergencia a los 6 días después de la siembra. Este comportamiento sugiere que la presencia de *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp. y *Pseudomonas fluorescens* favoreció el establecimiento inicial del cultivo al estimular los procesos fisiológicos asociados con la germinación y el desarrollo temprano de la plántula. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Julca y Raymundo (2024), quienes reportaron que la coinoculación de *Rhizobium* + micorriza presentó la emergencia más temprana con 6,92 días. En contraste, Romero et al. (2016) registraron una emergencia más precoz (4,8 días) mediante la inoculación con *Rhizobium etli*, mientras que Granda et al. (2024) obtuvieron una emergencia más tardía (8,25 días) con *Rhizobium leguminosarum*. Estas diferencias probablemente estén relacionadas con el tipo de microorganismo utilizado, la composición de los biofertilizantes, las condiciones edafoclimáticas y el manejo agronómico de cada investigación, factores que influyen en la velocidad de germinación y establecimiento del cultivo.

4.2.2. Diámetro del tallo

La aplicación de los biofertilizantes microbianos influyó significativamente en el diámetro del tallo del frijol canario variedad Centenario, observándose que el

tratamiento T6 (BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento® – 5 L/ha) alcanzó el mayor valor con 7.017 mm a los 56 DDS. Este resultado se debe a la acción conjunta de los microorganismos que tienen estos productos (micorrizas, *Pseudomonas* sp., microorganismos de montaña, *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp. y *Pseudomonas fluorescens*), ya que estos microbios ayudan a que la planta absorba más nutrientes, fije el nitrógeno y desarrolle mejor sus raíces, lo que ayuda a que el tallo crezca más grueso. Los resultados obtenidos son cercanos a los reportados por Hidalgo et al. (2019), quienes registraron un diámetro de tallo de 7.43 mm usando *Rhizophagus irregularis* y *Rhizobium* sp. en frijol canario. En esa misma línea, Medina (2023) obtuvo 7.84 mm con la aplicación de micorrizas y *Rhizobium* en el frijol variedad INTA-Rojo, mientras que Liriano (2012) reportó en la variedad CC-25-9 negro los diámetros más altos con la inoculación de *Rhizobium* y la coinoculación microbiana, registrando 7.94 y 7.75 mm respectivamente sin diferencias significativas. Por otra parte, Lara et. al (2019) registraron un diámetro mayor (8.90 mm) aplicando hongos micorrícicos, *Rhizobium etli* y el 50% de fertilización química en el frijol Negro Michigan, esta diferencia más alta se debe a que ellos usaron fertilizante químico como ayuda y una variedad de frijol diferente al frijol canario Centenario de esta investigación. Sin embargo, el diámetro de tallo fue menor reportado por Granda et al. (2024), quienes registraron un valor de 5,61 mm usando *R. leguminosarum* bv. *viciae* + *P. fluorescens* + *B. subtilis*. En consecuencia, se demuestra que la combinación de microorganismos usada en este estudio ayuda a que el tallo se desarrolle mejor en condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta.

4.2.3. Altura de la planta

En la altura de planta del frijol canario variedad Centenario (*Phaseolus vulgaris* L.), el tratamiento T5 (Bacter Crecimiento® – 4 L/ha) presentó los mayores valores durante todo el periodo de evaluación, alcanzando 8.32, 17.91 y 55.98 cm a los 14, 28 y 56 DDS, respectivamente. Este comportamiento se relaciona con la acción de *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp. y *Pseudomonas fluorescens*, microorganismos presentes en Bacter Crecimiento® que participan en la fijación biológica de nitrógeno y en la producción de fitohormonas, favoreciendo el crecimiento vegetativo de las plantas (Cruz et al., 2022). Estos resultados

coinciden con la tendencia de mejora reportados por Morel et al. (2021), quienes registraron una altura máxima de 37.75 cm con la aplicación de un biofertilizante compuesto por *Lactobacillus*, levaduras, actinomicetos, *Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Bradyrhizobium*, así como por Chacón (2025), quien obtuvo una altura máxima de 42.87 cm mediante la inoculación con *Azotobacter*. Asimismo, los valores del presente estudio fueron superiores a los 41.73 cm reportados por Ruiz (2023) en la misma variedad Centenario mediante la inoculación con la cepa PRF81 de *Rhizobium freirei*. Por otra parte, Lara et al. (2019) registraron una altura notablemente mayor (91.00 cm) con *Rhizobium etli* en el cultivar Negro Michigan; no obstante, dicha discrepancia se explica porque este último corresponde a un frijol negro de hábito de crecimiento indeterminado tipo II, el cual difiere genéticamente del frijol canario determinado evaluado en esta investigación. Por lo tanto, los resultados obtenidos indican que la aplicación de biofertilizantes microbianos contribuye al incremento de la altura de planta en el cultivo de frijol.

4.2.4. Días a la floración

El tratamiento T6 (BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento® – 5 L/ha) presentó el menor número de días a la floración (56.67 días). Este resultado se atribuye a la acción conjunta de los microorganismos presentes en ambos biofertilizantes, Bacter Crecimiento® contiene *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp. y *Pseudomonas fluorescens*, mientras que BioVitalis® Micorriza incorpora micorrizas arbusculares (*Glomus* sp., *Acaulospora* sp. y *Entrophospora* sp.), *Pseudomonas* sp., microorganismos de montaña, humus líquido, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, aminoácidos y nutrientes que potencian la actividad biológica del suelo. Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados por Julca y Raymundo (2024) quienes registraron el menor período de floración en frijol canario mediante la aplicación de *Rhizobium* (57.33 días). En una línea similar, Meena et al. (2018) evaluaron los días al 50% de floración en judía verde (*Phaseolus vulgaris* L.) y reportaron un adelanto significativo de esta etapa (47.67 días) con la aplicación de *Rhizobium*. Estos resultados demuestran que la aplicación de biofertilizantes microbianos favorece una floración más temprana del cultivo.

4.2.5. Número de vainas por planta

La aplicación de los biofertilizantes microbianos influyó favorablemente en el número de vainas por planta del frijol canario variedad Centenario, observándose que el tratamiento T3 (BioVitalis® Micorriza – 7 L/ha) alcanzó el mayor promedio con 50.26 vainas por planta, lo cual se relaciona directamente con la acción de las micorrizas arbusculares (*Glomus* sp., *Acaulospora* sp. y *Entrophospora* sp.), *Pseudomonas* sp. y microorganismos de montaña presentes en BioVitalis® Micorriza que ayudan a que la planta absorba más fósforo y desarrolle mejor sus raíces, otorgándole más energía para producir más vainas. Evaluando estudios previos en la misma variedad Centenario, Chávez y Vásquez (2021) obtuvieron un promedio menor de 34 vainas por planta aplicando *Bacillus subtilis*, mientras que Medina et al. (2023) reportaron que la combinación de *Rhizobium* y micorrizas produjo el mayor número de vainas por planta, aunque sin indicar el valor exacto. En cuanto a los demás trabajos, se observa una coincidencia en la cantidad de vainas pero con una discrepancia en el tipo de microbios usados, ya que Chacón (2025) registró un valor muy parecido de 50 vainas por planta con *Azotobacter* en frijol Panamito, Chávez (2022) obtuvo 43.25 vainas por planta usando solo *Rhizobium* sp. en el cultivo de frijol ucayalino y Liriano (2012) reportó en frijol negro valores superiores de hasta 63.18 vainas por planta con la combinación de *Rhizobium* y micorrizas. En contraste, otros autores obtuvieron resultados mucho más bajos, como Morel et al. (2021) que reportaron un máximo de solo 14.62 vainas por planta en frejol negro y carioca, Lapa et al. (2024) que registraron entre 14.97 y 15.67 vainas por planta en frijol canario, Hidalgo et al. (2019) con un promedio de 7 vainas por planta usando micorrizas junto a *Rhizobium* sp., y Ruiz (2023) quien reportó apenas 4.51 vainas por planta en la variedad centenario usando *Rhizobium*. Estas variaciones ocurren porque cada estudio usó microorganismos distintos, diferentes variedades de frijol y condiciones de clima o suelo que no fueron las mismas; sin embargo, en la presente investigación la combinación específica de bacterias y micorrizas de BioVitalis® Micorriza demostró ser altamente efectiva para aumentar la producción de vainas.

4.2.6. Número de granos por vaina

La aplicación de los biofertilizantes microbianos influyó favorablemente en el número de granos por vaina del frijol canario variedad Centenario, registrándose el tratamiento T6 (BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento® – 5 L/ha) con 4.64 granos por vaina. Este comportamiento se debe a la acción conjunta de las micorrizas arbusculares, *Pseudomonas* sp. y microorganismos de montaña presentes en BioVitalis® Micorriza, junto con *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp. y *Pseudomonas fluorescens* contenidos en Bacter Crecimiento®, los cuales favorecen la disponibilidad y absorción de nutrientes durante el desarrollo reproductivo del cultivo, contribuyendo a una mejor formación y llenado de los granos; estos resultados son similares a los reportados por Granda et al. (2024), quienes obtuvieron 4,35 granos por vaina con la aplicación conjunta de *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus subtilis*. En concordancia con estos resultados, Chávez y Vásquez (2021) reportaron en la variedad canario centenario un promedio de 5 granos por vaina mediante la aplicación de *Bacillus subtilis*, valor ligeramente superior al obtenido en la presente investigación. Asimismo, Hidalgo et al. (2019) registraron en frijol canario un máximo de 3.88 granos por vaina con la coinoculación de micorrizas y *Rhizobium* sp., mientras que Julca y Raymundo (2024) alcanzaron 3.64 granos por vaina mediante la aplicación conjunta de *Rhizobium* y micorriza, resultados inferiores a los observados en el tratamiento T6. Por otra parte, Morel (2021) obtuvo 4.55 granos por vaina utilizando un biofertilizante a base de *Lactobacillus*, levaduras y actinomicetos en variedades de frijol negro y carioca, resultado muy próximo al registrado en este estudio. Por su parte, Liriano (2012) reportó en la variedad CC-25-9 negro hasta 7.86 granos por vaina con la coinoculación de *Rhizobium* y micorrizas, valor superior al encontrado en la presente investigación. Las diferencias observadas pueden atribuirse a la variedad utilizada, al tipo de microorganismos aplicados y a las condiciones de cultivo; no obstante, los antecedentes revisados respaldan el efecto positivo de la biofertilización sobre el número de granos por vaina.

4.2.7. Peso de 100 semillas (g)

La aplicación de los biofertilizantes microbianos influyó favorablemente en el peso de 100 semillas del frijol canario variedad Centenario, registrándose el mayor valor en el tratamiento T6 (BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento® – 5 L/ha) con 51.57 g. Este comportamiento se relaciona con la acción conjunta de las micorrizas arbusculares (*Glomus* sp., *Acaulospora* sp. y *Entrophospora* sp.), *Pseudomonas* sp. y microorganismos de montaña presentes en BioVitalis® Micorriza, además de *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp. y *Pseudomonas fluorescens* contenidos en Bacter Crecimiento®, microorganismos que favorecen la disponibilidad y absorción de nutrientes durante el desarrollo del cultivo. Al comparar estos resultados con investigaciones realizadas en la misma variedad canario centenario, se observa que el valor obtenido fue superior al reportado por Ruiz (2023), quien registró 41.17g por 100 semillas mediante la inoculación con la cepa R. Colombia, aunque fue ligeramente inferior al encontrado por Chávez y Vásquez (2021), quienes alcanzaron 57g por 100 semillas al aplicar *Bacillus subtilis* en la misma variedad. Por otra parte, en otras variedades de frijol canario, Julca y Raymundo (2024) registraron un máximo de 44.60g por 100 semillas con la aplicación de *Rhizobium*, mientras que Hidalgo et al. (2019) obtuvieron 45.70g con micorrizas, valores inferiores a los alcanzados en la presente investigación; por su parte Simon (2022), trabajando con la variedad Canario 2000, reportó 68.20g por 100 granos mediante la aplicación de biol y reportados por Granda et al. (2024) quienes obtuvieron 70.25g por 100 granos con la aplicación conjunta de *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus subtilis*, resultados superiores obtenidos en este estudio. Por otra parte, los resultados cercanos también han sido descritos en otras variedades de frijol, Vilchez (2015) obtuvo 54.20 y 52.20 g por 100 semillas en la variedad Molinero PLV 1-3 inoculada con las cepas E-14 y E-10, respectivamente; asimismo, Medina et al. (2023), en la variedad INTA Rojo, registraron 226 g por 1000 semillas con la coinoculación de micorrizas y *Rhizobium*, equivalente a 22.60g por 100 semillas, mientras que Liriano (2012) reportó 27.60g por 100 semillas con *Rhizobium* en la variedad CC-25-9 negro y Lara et al. (2019) obtuvieron 15.06g por 100 semillas mediante la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares en el cultivar Negro Michigan, las diferencias observadas entre los

diversos estudios pueden estar asociadas a la variedad utilizada, la composición de los microorganismos aplicados y las condiciones de cultivo; no obstante, los resultados obtenidos confirman que la aplicación combinada de BioVitalis® Micorriza y Bacter Crecimiento® favoreció el peso de 100 semillas en el frijol canario variedad Centenario bajo condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta.

4.2.8. Rendimiento (t/ha)

La aplicación de los biofertilizantes microbianos favoreció el rendimiento del frijol canario variedad Centenario, donde el tratamiento T3 (BioVitalis® Micorriza – 7 L/ha) alcanzó 3.141 t/ha, este comportamiento se relaciona por la presencia de micorrizas arbusculares, *Pseudomonas* sp. y microorganismos de montaña contenidos en BioVitalis® Micorriza, los cuales contribuyen a mejorar la absorción de nutrientes y el desempeño productivo del cultivo. Al comparar este resultado con estudios realizados en la misma variedad, Chávez y Vásquez (2021) reportaron 3.764 t/ha mediante la aplicación de *Bacillus subtilis*, valor superior al obtenido en la presente investigación; en cambio, Ruiz (2023) alcanzó 1.271 t/ha con la cepa R. Colombia, rendimiento considerablemente menor al registrado por T3. En frijol canario, Julca y Raymundo (2024) obtuvieron 3.295 t/ha con *Rhizobium*, resultado ligeramente superior al de este estudio, mientras que Lapa et al. (2024) registró 1.705 t/ha con la cepa LMT-R28, valor que se mantuvo por debajo del observado con BioVitalis® Micorriza. Asimismo, una tendencia similar se aprecia al contrastar estos resultados con otras variedades de *Phaseolus vulgaris*, ya que Vilchez (2015) reportó 2.563 t/ha en la variedad Molinero PLV 1-3 con la cepa E-14, Chávez (2022) obtuvo 2.510 t/ha en la variedad Ucayalino con *Rhizobium* sp. y Liriano (2012) alcanzó 2.540 t/ha mediante la coinoculación de *Rhizobium* y micorrizas en la variedad CC-25-9 negro. Estas diferencias pueden atribuirse a la variedad utilizada y a las condiciones de cultivo; sin embargo, los resultados evidencian una respuesta favorable de los biofertilizantes bajo condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- La aplicación de dos biofertilizantes microbianos produjo diferencias significativas en el desarrollo productivo del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta.
- Los tratamientos T5 (Bacter Crecimiento® – 4 L/ha) y T6 (BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento® – 5 L/ha) presentaron el mejor comportamiento en el crecimiento vegetativo del frijol canario var. Centenario, donde el T5 registró la emergencia más temprana con 6 días y la mayor altura con 55.980 cm a los 56 DDS; mientras que el T6 obtuvo el mayor diámetro de tallo con 7.017 mm y la floración más temprana a los 56.667 DDS.
- Los tratamientos T3 (BioVitalis® Micorriza – 7 L/ha) y T6 (BioVitalis® Micorriza + Bacter Crecimiento® – 5 L/ha) presentaron el mejor comportamiento en los componentes del rendimiento del frijol canario var. Centenario, donde el T3 registró el mayor número de vainas por planta con 50.26 vainas, mientras que el tratamiento T6 alcanzó el mayor número de granos por vaina con 4.64 y el mayor peso de 100 semillas con 51.57 g.
- El tratamiento T3 (BioVitalis® Micorriza – 7 L/ha) presentó la mejor respuesta productiva del frijol canario var. Centenario al alcanzar un rendimiento de 3.141 t/ha, superando al tratamiento testigo (T1) que registró 1.356 t/ha, lo que representó un incremento de 131.6 % bajo condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

- Al Instituto Nacional de Innovación Agraria de Huanta y a la Municipalidad Provincial de Huanta, promover el uso de biofertilizantes microbianos en el cultivo de frijol canario var. Centenario bajo riego tecnificado, considerando los resultados obtenidos en el desarrollo productivo del cultivo y así como fomentar investigaciones para evaluar su aplicación en otros cultivos de importancia agrícola de la zona.
- A los productores de la comunidad de Cangari, Huanta adoptar el tratamiento T3 (BioVitalis® Micorriza – 7 L/ha) como la principal alternativa para la producción de frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Centenario bajo riego tecnificado, debido a que alcanzó el mayor rendimiento (3,141 t/ha), superando en 131,6 % al tratamiento testigo.
- A futuros investigadores, profundizar el estudio de los biofertilizantes microbianos evaluando diferentes dosis, frecuencias y épocas de aplicación, así como su efecto sobre el crecimiento vegetativo, los componentes del rendimiento y la productividad de otros cultivos de importancia agrícola en la región.

REFERENCIAS

- Abdelraouf, A. M. N., Hussain, A. A., & Naguib, D. M. (2023). La encapsulación de *Pseudomonas fluorescens* en nanoquitosano reduce significativamente la infección por marchitamiento por *Fusarium* en tomate. *Rhizosphere*, 25, 100676. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100676>
- ADEX. (2024). *PERÚ EXPORTÓ LEGUMBRES POR US\$ 135 MILLONES*. Adexperu.org.pedexperu.org.pe. <https://www.adexperu.org.pe/Adex/Prensa?id=2492>
- Afanador Barajas, L. N. (2017). Biofertilizantes: conceptos, beneficios y su aplicación en Colombia. *Ingeciencia*, 2(1), 65-76. <https://revistas.ucentral.edu.co/index.php/Ingeciencia/article/view/2353>
- Aguirre-Pérez, L. L., Suárez-Fragozo, E. C., Arias-Sarabia, G. E., Tofiño-Rivera, A. P., & Cubillos-Hinojosa, J. G. (2023). Scopping review: use of biofertilizers and humic substances in *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) for dry zones. *Revista Colombiana de Ciencias Horticolas*, 17(2). <https://doi.org/10.17584/rcch.2023v17i2.16011>
- Aloo, B. N., Tripathi, V., Makumba, B. A., & Mbega, E. R. (2022). Plant growth-promoting rhizobacterial biofertilizers for crop production: The past, present, and future. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1002448. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2022.1002448/FULL>
- Angelard, C., & Bever, J. D. (2013). Symbionts, Genetics of. En *Brenner's Encyclopedia of Genetics: Second Edition* (pp. 595-597). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374984-0.01496-0>
- Antonio Vázquez, A. D. (2024). *Evaluación de 3 técnicas de riego y su efecto en el rendimiento de frijol (Phaseolus Vulgaris L.) de variedad Pinto Saltillo* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/50019>
- Aybar-Peve, L., Cervantes-Zamudio, R., Camargo-Cobeñas, M., Chihuan-Palomino, E., Rojas-Meza, M., & Terán-Rojas, J. (2025). Bioagro. *Bioagro*, 37(3), 277-288. <https://doi.org/10.51372/BIOAGRO373.3>
- Belloso Chacín, R. (2020). *Capítulo III*. https://virtual.urbe.edu/tesispub/0098425/cap03.pdf?utm_source=
- Beneduzi, A., Ambrosini, A., & Passaglia, L. M. P. (2012). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR): Su potencial como antagonistas y agentes de biocontrol.

- Genetics and Molecular Biology*, 35(4 Suppl), 1044. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572012000600020>
- Bitocchi, E., Nanni, L., Bellucci, E., Rossi, M., Giardini, A., Zeuli, P. S., Logozzo, G., Stougaard, J., McClean, P., Attene, G., & Papa, R. (2012). Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(14). <https://doi.org/10.1073/pnas.1108973109>
- Bogweh, N. E., & Ageyo, O. C. (2021). ¿Los frijoles comunes (*Phaseolus vulgaris* L.) promueven la buena salud en los seres humanos? Una revisión sistemática y metaanálisis de ensayos clínicos y controlados aleatorios. *Nutrients*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/nu13113701>
- Cardoso, A. M., da Silva, C. V. F., & de Pádua, V. L. (2024). Información microbiana sobre el cultivo de frijol común biofortificado. En *Sci* (Vol. 6, Número 1, p. 6). Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/sci6010006>
- Cayetano Terrel, P., Peña Pineda, K. M., Olivarez Rivera, E. L., & Vargas Cisneros, S. M. (2022). *Estudio de vigilancia tecnológica en el cultivo de frijol*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://hdl.handle.net/20.500.12955/1685>
- Chacón, C. M. L. (2025). *Efecto de la fertilización biológica mixta en el rendimiento del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris) en Jesús-Cajamarca, 2024* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/8340>
- Chaudhary, P., Singh, S., Chaudhary, A., Sharma, A., & Kumar, G. (2022). Panorama general de los biofertilizantes en la producción de cultivos y el manejo del estrés para una agricultura sostenible. *Frontiers in Plant Science*, 13, 930340. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.930340>
- Chávez Rea, M. A., & Vásquez-Guzmán, J. E. (2021). Efecto de la aplicación de tres dosis de *Bacillus subtilis* en tres variedades de fréjol arbustivo. *Siembra*, 8(2), e2657. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.2657>
- Chávez Romero, R. S. (2020). *Respuesta del cultivo de frijol común a bajo contenido de fósforo en el suelo: Revisión de Literatura* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6949>
- Chávez Tuanama, L. D. (2022). *Colecta e inoculación de Rhizobium sp. asociados a raíces de*

- Phaseolus vulgaris* (frijol) en un suelo entisol de la localidad de Nueva Requena–Pucallpa [Tesis de ingeniero agroforestal acuícola, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía]. <https://hdl.handle.net/20.500.14646/302>
- Cid-Gallegos, M. S., Gómez y Gómez, Y. de las M., Corzo-Ríos, L. J. C.-R., Sanchez-Chino, X. M., Moguel-Concha, D., Borges-Martínez, E., & Jiménez-Martínez, C. (2023). Potencial nutricional y bioactivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la salud humana. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), 309-318. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.42>
- Cruz-Hernández, M. A., Mendoza-Herrera, A., Bocanegra-García, V., & Rivera, G. (2022). *Azospirillum* spp. from Plant Growth-Promoting Bacteria to Their Use in Bioremediation. *Microorganisms*, 10(5), 1057. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10051057>
- Cuesta, M., & HerreroYoutub, F. J. (2024). *Tipos de muestreo*. oacampusvirtual.uadec.mx. http://oacampusvirtual.uadec.mx/apoyo_escuelas/Derecho_Virtual/Metodos_Tecnicas_Investigacion/Bloque3/Pdf/pdfs/Tipos_Muestreo.pdf
- DePerú.com. (2022). *Vista aérea de Ccorihuillca Chico en el distrito de Ayacucho, prov. Huamanga, región Ayacucho en 2022*. <https://mapas.deperu.com/ayacucho/huanta/iguain/cangari/>
- Dobrzyński, J., Kulkova, I., Jakubowska, Z., & Wróbel, B. (2025). Un consorcio de PGPB no nativo compuesto por *Pseudomonas* sp. G31 y *Azotobacter* sp. PBC2 promovió el crecimiento del trigo de invierno y alteró ligeramente la comunidad bacteriana nativa. *Scientific Reports*, 15(1), 3248-. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-86820-3>
- Espinoza Montesinos, E. A. (2009). *Evaluación de 16 genotipos seleccionados en dos densidades de siembra de frijol canario cv. centenario (Phaseolus vulgaris L.) por su calidad y rendimiento en condiciones de costa central* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1710>
- FAO. (2016a). Legumbres: Semillas nutritivas para un futuro sostenible. En *Legumbres: Semillas nutritivas para un futuro sostenible*. <https://doi.org/10.4060/i5528s>
- FAO. (2016b). *Prácticas de conservación del suelo y del agua para la reducción de la erosión del suelo y reforzar la conservación de agua*. <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1616335/>
- FAO. (2019). *Principales países productores de frijoles*. NationMaster. <https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/beans-production-fao>

- FAO. (2020). The State of Food and Agriculture 2020: Overcoming water challenges in agriculture. En *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO). FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1447en>
- FAOSTAT. (2020). 3. *Global production of dry bean and green beans*. researchgate.net. https://www.researchgate.net/figure/Global-production-of-dry-bean-and-green-beans-Global-production-of-dry-bean-in-terms-of_fig2_366549312
- Flores Lázaro, A. (2021, junio 11). *Manejo Técnico del Cultivo de Frijol*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://youtu.be/BVbMb8XSBhw?list=PLcQKUyByO4KBBmsx6NRd4IE81W7-VuqAh>
- Fukami, J., Cerezini, P., & Hungria, M. (2018). Azospirillum : beneficios que van mucho más allá de la fijación biológica de nitrógeno. *AMB Express*, 8(1), 73-. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0608-1>
- Gabriel Ortega, J. L., Valverde Lucio, Y. A., Castro Piguave, C. A., Indacochea Ganchozo, B. S., Alcívar Cobeña, J. L., Vera Tumbaco, M., & Vera Velázquez, R. (2022). Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios. En *Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios*. Mawil Publicaciones de Ecuador, 2022. <https://doi.org/10.26820/978-9942-602-26-8>
- Graham, P. H., & Ranalli, P. (1997). Frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Research*, 53(1-3), 131-146. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00112-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00112-3)
- Granda-Mora, K., Correa-Ullauri, C., Collahuazo-Reinoso, Y., & Robles-Carrión, Á. (2024). Inoculantes microbianos comerciales con PGPR sobre variables productivas y económicas de fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomia Mesoamericana*, 35(1). <https://doi.org/10.15517/am.2024.55654>
- Guzmán, M. E., Mendez, R. G., Concha, C. Y., & Faúndez, C. C. (2025). Diseños de investigación cuantitativa en ciencias de la actividad física y la salud. *Revista Ciencias de la Actividad Física*, 26(2), 63-85. <https://doi.org/10.29035/rcaf.26.2.5>
- Guzman Manzueta, I. N., & Luna Pérez, L. J. (2024). *Elaboración de inoculante microbiano para el cultivo de leguminosas Phaseolus vulgarisen terreno de San Juan de la Maguana* [Tesis de ingeniero químico, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña]. <https://repositorio.unphu.edu.do/server/api/core/bitstreams/344a3e4f-8b6d-40c1-aa41-e0a507d7112b/content>

- Hernandez Mendoza, S., & Duana Avila, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 9(17), 51-53. <https://doi.org/10.29057/ICEA.V9I17.6019>
- Hidalgo, J., Ramos, C., Lezama, P., Chuna, P., & Chaman, M. (2019). Coinoculación de *Rhizophagus irregularis* y *Rhizobium* sp. en *Phaseolus vulgaris* L. var. canario (Fabaceae) “frijol canario”. *Arnaldoa*, 26(3), 991-1005. <https://www.academia.edu/download/116365697/a09v26n3.pdf>
- Hidalgo Rios, L. F. (2010). Cultivo de frejol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.). INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/844>
- Huamán Luque, M. S. (2024). *Respuesta al estrés hídrico de cuatro variedades de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) en La Molina* [Tesis de ingeniera agrónoma, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6822>
- INIA. (2023). *Estudio de vigilancia tecnológica en el cultivo de papa*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - INIA. <https://hdl.handle.net/20.500.12955/2046>
- INIFAP. (2018). Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos Reproducción de Microorganismos de Montaña. En *Inifap*. <https://www.gob.mx/produccionparaelbienestar>
- Intagri. (2016). *Introducción al Cultivo de Maíz en Riego por Goteo*. Intagri.com. <https://www.intagri.com/articulos/cereales/introduccion-al-cultivo-de-maiz-en-riego-por-goteo>
- Jin, H., Wang, H., Zhang, Y., Hu, T., Lin, Z., Liu, B., Ma, J., Wang, X., Liu, Q., Lin, X., & Xie, Z. (2020). Un consorcio de PGPB no nativo compuesto por *Pseudomonas* sp. G31 y *Azotobacter* sp. PBC2 promovió el crecimiento del trigo de invierno y alteró ligeramente la comunidad bacteriana nativa. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(3), 2124-2131. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004026>
- Jones, A. L. (2020). PHASEOLUS BEAN Post-harvest Operations. *fao.org*. www.cgiar.org/ciat
- Julca, H. C. J., & Raymundo, E. D. L. (2024). *Evaluación de la eficiencia de biofertilizantes en el cultivo de frijol canario (Phaseolus vulgaris L.) – Barranca* [Tesis de título profesional, Universidad Nacional de Barranca]. <https://hdl.handle.net/20.500.12935/318>
- Karavidas, I., Ntatsi, G., Vougeleka, V., Karkanis, A., Ntanasi, T., Saitanis, C., Agathokleous, E., Ropokis, A., Sabatino, L., Tran, F., Iannetta, P. P. M., & Savvas, D. (2022). Prácticas agronómicas para aumentar el rendimiento y la calidad del frijol común (*Phaseolus*

- vulgaris L.): una revisión sistemática. En *Agronomy* (Vol. 12, Número 2, p. 271). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020271>
- Kaur, S., Kalia, A., & Sharma, S. (2024). Bioformulación de *Azotobacter* y *Streptomyces* para mejorar el crecimiento y el rendimiento del trigo (*Triticum aestivum* L.): Un estudio de campo. *Journal of Plant Growth Regulation*, 43(8), 2555-2571. <https://doi.org/10.1007/s00344-024-11282-2>
- Kenawy, A. M. A., Khalil, A. I., Ali, B. A., El-Deeb, N. M., & Haddad, A. M. (2025). Biodiversidad de *Azotobacter* en Egipto mediante un enfoque multidisciplinario microbiológico, bioquímico y de biología molecular. *Genetica*, 153(1). <https://doi.org/10.1007/s10709-024-00224-1>
- Kümmerli, R. (2023). Estrategias de adquisición de hierro en pseudomonas: mecanismos, ecología y evolución. En *BioMetals* (Vol. 36, Número 4, pp. 777-797). Springer. <https://doi.org/10.1007/s10534-022-00480-8>
- Lapa-Unocc, P. F., Salazar-Paucar, R. E., Saldaña-Barillas, P. I., Laura-Lucas, L. M., Taípe-Cancho, M. H., & Mañuico-Mendoza, R. (2024). Effectiveness of different strains of rhizobia on the yield of canary bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivation in Peru. *Idesia*, 42(3), 55-62. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292024000300055>
- Lara-Capistrán, L., Hernández-Montiel, L. G., Reyes-Pérez, J. J., Preciado, R. P., & Zulueta-Rodríguez, R. (2019). Respuesta agronómica de *Phaseolus vulgaris* a la biofertilización en campo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(5), 1035-1046. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.936>
- León Carrasco, J. C. (2026). *Precio de la urea en Perú podría alcanzar los S/ 3.000 la tonelada, entre junio y julio*. Agraria.pe. <https://agraria.pe/noticias/precio-de-la-urea-en-peru-podria-alcanzar-los-s-3-000-la-ton-42296>
- Liñan Romero, A. Y. (2023). *Uso de hidrogel en frijol (Phaseolus vulgaris L.) var. canario centenario bajo riego por goteo en condiciones de la molina* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5833>
- Liriano Gonzáles, R., Núñez Sosa, D. B., & Barceló Díaz, R. (2012). Efecto de la aplicación de *Rhizobium* y *Mycorrizas* en el crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad CC-25-9 negro. *Centro Agrícola*, 39(4), 17-20. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V39-Numero_4/cag044121877.pdf
- Llanos-Gómez, K. J., Silva-Manco, M. J., Sanchez-Santillan, T., Arce-Inga, M., Leiva-

- Espinoza, S. T., Llanos-Gómez, K. J., Silva-Manco, M. J., Sanchez-Santillan, T., Arce-Inga, M., & Leiva-Espinoza, S. T. (2023). Identificación morfológica de hongos micorrícicos arbusculares en plantaciones de cacao en la región Amazonas, Perú. *Manglar*, 20(1), 7-14. <https://doi.org/10.57188/MANGLAR.2023.001>
- Londoño Ocampo, A. (2019). Diseño de un sistema de riego en la granja Tarapacá ubicada en la ciudad de Santiago de Cali [Tesis de ingeniero mecánico, Universidad Autónoma de Occidente]. En *Sereal Untuk* (Vol. 51, Número 1). <http://red.uao.edu.co/handle/10614/12246>
- López-Roldán, P., & Fachelli, S. (2017). El diseño de la muestra. En *Metodología de la investigación social cuantitativa* (pp. 1-60). Universidad Autónoma de Barcelona. <https://ddd.uab.cat/record/185163>
- Mahanty, T., Bhattacharjee, S., Goswami, M., Bhattacharyya, P., Das, B., Ghosh, A., & Tribedi, P. (2017). Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(4), 3315-3335. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8104-0>
- Malusá, E., & Vassilev, N. (2014). A contribution to set a legal framework for biofertilisers. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(15), 6599-6607. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-5828-y>
- Medina Flores, R. C., Bárcenas, M. J., Sánchez Miranda, M. D., Lagos Morales, A. T., & Aquino Jiménez, M. (2023). Evaluación del potencial de hongos micorrizas y bacterias RHIZOBIUM en el desarrollo fenológico y rendimiento del cultivo de frijol (PHASEOLUS VULGARIS). *Nexo Revista Científica*, 36(06), 808-819. <https://doi.org/10.5377/nexo.v36i06.17436>
- Medina Portilla, N. F. (2022). *Caracterización morfológica de 50 accesiones del germoplasma de frijol (Phaseolus vulgaris) en el Valle de Chíncha* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/6907>
- Meena, J. K., Ram, R. B., & Meena, M. L. (2018). Studies on bio-fertilizers on yield and quality traits of French bean (Phaseolus vulgaris L .) cultivars under Lucknow condition. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 1571-1574. <https://www.phytojournal.com/archives/view-pdf/3614/7-2-221>
- Midagri. (2019). Ficha Técnica N° 06: Requerimientos agroclimáticos del cultivo de frijol

- grano seco. En *Ministerio de Agricultura y Riego*. Ministerio de Agricultura y Riego. <http://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/20.500.13036/232>
- Midagri. (2022). *Midagri: 46,7% de pequeños y medianos productores utilizan fertilizantes químicos*. Agroperú Informa. <https://www.agroperu.pe/midagri-467-de-pequenos-y-medianos-productores-utilizan-fertilizantes-quimicos/>
- MIDAGRI. (2026). *Día Mundial de las Legumbres: MIDAGRI impulsa el desarrollo de más de 140 mil familias peruanas que producen estos superalimentos*. Gob.pe. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/1350870-dia-mundial-de-las-legumbres-midagri-impulsa-el-desarrollo-de-mas-de-140-mil-familias-peruanas-que-producen-estos-superalimentos>
- MIDAGRI, I. (2022). *MIDAGRI identifica variedades de frijol resistentes a estrés hídrico, que favorecerá a 15 mil productores de la costa*. Gob.pe. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/366214-midagri-identifica-variedades-de-frijol-resistentes-a-estres-hidrico-que-favorecera-a-15-mil-productores-de-la-costa>
- Morel, L. E., Pistilli, R. E., Barrios, V. E., Caballero, Casuriaga, O., Servin, A., Dasilva, M. O., Lugo, W., & Huerta, Á. (2021). Eficacia de biofertilizantes en la producción de variedades de frejol. *Idesia*, 39(3), 13-19. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292021000300013>
- Municipalidad Distrital de Iguaín. (2021). *Informe de evaluación de riesgos originados por Inundación Fluvial en la margen derecha del río Cachi de la localidad de Cangari, distrito de Iguaín, provincia Huanta, región Ayacucho*. | SIGRID. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/11619>
- Nadeem, S. M., Ahmad, M., Zahir, Z. A., Javaid, A., & Ashraf, M. (2014). El papel de las micorrizas y las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) en la mejora de la productividad de los cultivos en entornos estresantes. *Biotechnology Advances*, 32(2), 429-448. <https://doi.org/10.1016/J.BIOTECHADV.2013.12.005>
- Nilmat, A., Thepbandit, W., Chuaboon, W., & Athinuwat, D. (2023). Formulaciones de *Pseudomonas fluorescens* SP007 S para el control de la pudrición blanda y la promoción del crecimiento en la col rizada. *Agronomy*, 13(7), 1856. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071856>
- Pacheco Flores de Valgaz, A., Naranjo-Morán, J., Reyes Román, G., Oviedo-Anchundia, J., Ratti Torres, M., & Barcos-Arias, M. (2022). Discovering the Diversity of Arbuscular

- Mycorrhizal Fungi Associated with Two Cultivation Practices of *Theobroma cacao*. *Diversity*, 14(8), 651. <https://doi.org/10.3390/d14080651>
- Palacios-López, L. A. (2023). El uso de biofertilizantes en la agricultura moderna sus avances, desafíos y perspectivas. *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 1(2), 52-64. <https://doi.org/10.70881/mcj/v1/n2/16>
- Pérez, M. (2018). Microorganismos de montaña: una herramienta imprescindible en la regeneración de los suelos agrícolas. *sian.inia.gob.ve* Pérez *sian.inia.gob.ve*. http://sian.inia.gob.ve/inia_divulga/divulga_40/rid40_perez_36-39.pdf
- Prathuangwong, S. C. W., Kasem, S., & Athinuwat, D. (2009). Potencial de aplicación de *Pseudomonas fluorescens* SP007s y biofertilizante para el control de la mancha foliar por *Alternaria* en la col china. *agris.fao.org* S Prathuangwong, W Chuaboon, S Kasem, D Athinuwat *Journal of ISSAAS [International Society for Southeast Asian Agricultural, 2009•agris.fao.org,* 246-247. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122430/records/647364e553aa8c89630c65a4>
- Prisa, D., Fresco, R., & Spagnuolo, D. (2023). Biofertilizantes microbianos en la producción y resistencia de las plantas: una revisión. *Agriculture 2023, Vol. 13, Page 1666, 13(9)*, 1666. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE13091666>
- Rajeev Ranjan, P., Kumar Maurya, R., Chaubey, C., & Himanshu, T. (2023). Bio-Fertilizers: Present Status and Future Prospects in India. *Insights of Agriculture*, 1(1), 95-110. https://www.researchgate.net/publication/366974392_Bio-Fertilizers_Present_Status_and_Future_Prospects_in_India
- Ramirez Salas, M. (2018). *Bioestimulantes en el rendimiento de frijol canario (Phaseolus vulgaris L.) Cv. Centenario bajo condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna-2017* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/3964>
- Rita Franco, P. (2022). “Biofertilizantes” una revisión sistemática de la literatura científica en los últimos 10 años. *HIGH TECH-ENGINEERING JOURNAL*, 2(1), 90-97. <https://doi.org/10.46363/high-tech.v2i1.4>
- Rojas Torres, D. M., & Solano Angarita, A. A. (2020). *Respuesta del frijol variedad Zaragoza (Phaseolus vulgaris L.), a la aplicación de tres dosis de Nitrógeno Orgánico Reina en floración para la prevención de caída de flores y frutos bajo condiciones agroecológicas del municipio de Socorro, Santander* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional

- Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/37684>
- Romero-García, V. E., García-Ortiz, V. R., Hernández-Escareño, J. J., & Sánchez-Yáñez, J. M. (2016). Respuesta de *Phaseolus vulgaris* a microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 313-319. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2016.03.20>
- Romero Félix, C. S., López Castañeda, C., Kohashi Shibata, J., Martínez Rueda, C. G., Miranda Colín, S., & Aguilar Rincón, V. H. (2021). Rendimiento y biomasa acumulada en frijol común bajo riego y seco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(8), 1363-1376. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2682>
- Ruiz, C. M. J. L. (2023). *Inoculación de cepas de rizobacterias en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) var. Canario Centenario en condición de campo* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/11578>
- Saeed, Q., Xiukang, W., Haider, F. U., Kučerik, J., Mumtaz, M. Z., Holatko, J., Naseem, M., Kintl, A., Ejaz, M., Naveed, M., Brtnicky, M., & Mustafa, A. (2021). Bacterias de la rizosfera en la promoción del crecimiento vegetal, el biocontrol y la biorremediación de sitios contaminados: una revisión exhaustiva de sus efectos y mecanismos. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(19), 10529. <https://doi.org/10.3390/IJMS221910529>
- Sampieri, C. R. (2023). Glosario de términos y conceptos de investigación cualitativa. SSRN, 47. <https://papers.ssrn.com/abstract=4574353>
- Santos, M. S., Nogueira, M. A., & Hungria, M. (2019). Inoculantes microbianos: revisión del pasado, análisis del presente y una visión de un futuro prometedor para el uso de bacterias beneficiosas en la agricultura. *AMB Express*, 9(1), 205-. <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0932-0>
- Sarango, H. A. F., Pallmay, C. E. R., Sarzosa, R. J. P., & Pozo, C. J. E. (2024). Tipos y clasificación de las investigaciones. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(2), 956-966-956 – 966. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1927>
- Segura Carrera, K. A. (2021). Evaluación de dosis de NPK vs densidad de siembra en el cultivo de frejol «cuarentón» (*Phaseolus vulgaris* L) durante época lluviosa [Tesis de ingeniera agrónoma, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. En *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6568>

- Serrano Peraza, W. V. (2023). *Efecto del ácido salicílico sobre el rendimiento del frijol común (Phaseolus vulgaris) Var. CENTA Sequía* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad de el Salvador]. <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/30924/>
- Shahwar, D., Mushtaq, Z., Mushtaq, H., Alqarawi, A. A., Park, Y., Alshahrani, T. S., & Faizan, S. (2023). Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: A review. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16134>
- Sherasia, P., Garg, M., & Bhandari, B. (2018). Pulses and their By-Products as Animal Feed. En *Pulses and their By-Products as Animal Feed*. <https://doi.org/10.18356/9aa0e148-en>
- Simon Bravo, R. N. (2022). *Efecto del Biol en el rendimiento del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris) variedad canario 2000 en condiciones agroecologicas Umari-Pachitea 2021* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/7460>
- SINIA. (2025). *Ley General del Ambiente*. Ministerio del Ambiente. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente>
- Supo, C. J. A. (2025). *Niveles de investigación: Una clasificación emergente fundamentada en el análisis de datos para la investigación científica*. Bioestadístico. https://bioestadistico.com/libro/Supo_2025_Niveles_de_Investigacion.pdf
- Tedersoo, L., Bahram, M., & Zobel, M. (2020). How mycorrhizal associations drive plant population and community biology. *Science*, 367(6480). <https://doi.org/10.1126/science.aba1223>
- Thompson, D. (2022). What Is A Soil Drench? *GradenGuides*. https://www.gardenguides.com/12569302-what-is-a-soil-drench/?utm_source
- Tortora, M. L., Díaz-Ricci, J. C., & Pedraza, R. O. (2011). Sideróforos de *Azospirillum* brasilense con actividad antifúngica contra *Colletotrichum acutatum*. *Archives of Microbiology*, 193(4), 275-286. <https://doi.org/10.1007/s00203-010-0672-7>
- Valladolid, A. (2001). El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L .) en la costa del Perú. *Instituto Nacional de Investigacion Agraria, INIA.*, 4, 105. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/860>
- Vargas Tupiza, L. F. (2018). *Identificación de las principales plagas y enfermedades del fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en la parroquia de San Blas, cantón Urcuquí* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/4358>

- Vásquez García, J., Vilca Valqui, N. C., & Malqui Ramos, R. F. (2023). Manual de manejo agronómico de frijol en regiones andinas. *Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA*, 11(1), 66. <https://hdl.handle.net/20.500.12955/2070>
- Vilchez Melo, A. K. (2015). *Rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.) var. Molinero PLV 1-3 con fertilización fosfo-potásica y cepas de Rhizobium sp. en La Molina* [Tesis de ingeniera agrónoma, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2090>
- Vilchez Olivares, E. J. (2024). *Fertilización nitrogenada en la nodulación y el rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.) var. Canario Centenario en invernadero* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6585>
- Yánac Méndez, L. A. (2018). *Análisis del crecimiento y rendimiento de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con diferentes dosis nitrogenadas, en La Molina* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3304>
- Zhong, T., Wang, Z., Zhang, M., Wei, X., Kan, J., Zalán, Z., Wang, K., & Du, M. (2021). Compuestos orgánicos volátiles producidos por *Pseudomonas fluorescens* ZX como potenciales fumigantes biológicos contra el moho gris en uvas poscosecha. *Biological Control*, 163, 104754. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104754>

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente	Tipo y nivel
¿Cuál es el efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el desarrollo productivo del frijol canario (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta?	Evaluar el efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el desarrollo productivo del frijol canario (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta.	La aplicación de dos biofertilizantes microbianos influye significativamente sobre el desarrollo productivo del frijol canario (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado en Cangari, Huanta.	Biofertilizantes microbianos: – Bacter Crecimiento® – BioVitalis® Micorriza	Aplicada, de nivel explicativo y enfoque cuantitativo. Diseño: Bloques Completos al Azar (DBCA) con 6 tratamientos y 3 repeticiones (18 unidades experimentales). Población: 2376 frijoles en 244.8 m². Muestra: 252 plantas (14 plantas por parcela). Muestreo: Probabilístico, aleatorio simple.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable dependiente	
1. ¿Cuál es el efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el crecimiento vegetativo del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado?	1. Determinar el efecto de dos biofertilizantes microbianos sobre el crecimiento vegetativo del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado.	1. La aplicación de los biofertilizantes microbianos genera diferencias significativas sobre el crecimiento vegetativo del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado.	Dimensión 1: Crecimiento vegetativo – Días a la emergencia. – Diámetro del tallo (56 DDS). – Altura de planta (14, 28 y 56 DDS). – Días a la floración.	Lugar: Cangari, Huanta. Técnica: Observación directa.
2. ¿Cómo influye la aplicación de dos biofertilizantes microbianos sobre el rendimiento del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado?	2. Evaluar la aplicación de dos biofertilizantes microbianos sobre el rendimiento del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado.	2. La aplicación de dos biofertilizantes microbianos influye significativamente sobre el rendimiento del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado.	Dimensión 2: componentes del rendimiento – Número de vainas por planta – Número de granos por vaina – Peso de 100 semillas	Instrumentos: Ficha, tablero, Vernier, regla y balanza de precisión.
3. ¿Qué biofertilizante microbiano aplicado genera la mejor respuesta productiva del frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado?	3. Determinar la mejor respuesta productiva del frijol canario var. Centenario ante la aplicación de dos biofertilizantes microbianos bajo condiciones de riego tecnificado.	3. Al menos uno de los biofertilizantes microbianos aplicados genera una mejor respuesta productiva en el frijol canario var. Centenario bajo condiciones de riego tecnificado.	Dimensión 2: rendimiento – Rendimiento (t/ha)	Análisis estadístico: Descriptivo (medias), prueba de supuestos e inferencial (ANOVA y Tukey, $p < 0.05$).

Anexo 2

Guía y formato de recolección de datos de campo

[illegible]

Anexo 3

Resultados del análisis de suelo del área experimental



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO LABSAF CANAAN N° 114088-25 / SU / CA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Ever Quintana Quispe
 Propietario / Productor : Ever Quintana Quispe
 Dirección del cliente : Huanta - Ayacucho
 Solicitado por : Ever Quintana Quispe
 Muestreado por : Cliente
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) (***) : Iguain-Huanta-Ayacucho
 Fecha(s) de muestreo (***) : 2025-10-19
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2025-10-20
 Lugar de ensayo : LABSAF CANAAN
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-10-28 al 2025-11-03
 Cotización del servicio : 206-25-CA
 Fecha de emisión : 2025-11-04

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU3227-CA-25	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)	2025-10-19	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	11:00	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	-	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	7,2	-	-	-
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,0	7,7	-	-	-
Matena Orgánica	%	0,2	1,6	-	-	-
Textura	-	-	-	-	-	-
Arena	%	-	38,90	-	-	-
Arcilla	%	-	25,95	-	-	-
Limo	%	-	35,14	-	-	-
Clase Textural	-	-	Franco	-	-	-



INFORME DE ENSAYO

LABSAF CANAAN

N° 114088-25NA / SU / CA

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Carbonato De Calcio Equivalente	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.3.25, AS-29 2002 Determinación de los carbonatos de calcio equivalente (AS-29 Método de neutralización Ácida).
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.10, AS-10 2002 Determinación de fósforo aprovechable para suelos neutros y alcalinos (AS-10 Método de Olsen y colaboradores).
Potasio Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.12, AS-12 // EPA 6010 D. Revisión 5, 2018). Validado (modificado y aplicado fuera del alcance) 2023 Determinación de potasio disponible en suelos con saturación de
Bases Intercambiables (Ca, Mg, Na y K Intercambiable)	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.12, AS-12 // EPA 6010 D. Revisión 5, 2018. Validado (aplicado fuera del alcance) 2023 Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para bases intercambiables: Ca, Mg, Na y K) // Inductively Coupled

IV. CONSIDERACIONES

- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C.
- Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Katia Mendoza Dávalos - Responsable del LABSAF - CANAAN



Firmado digitalmente por:
MENDOZA DAVALOS Katia FALI
2013.11.05/09:4 v0.01
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 06/11/2025 08:12:37-0500

Firma

FIN DE INFORME DE ENSAYO



LABSAF

Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF Canaán

Dirección: Av. Abancay N° 299, Huamanga-Ayacucho
Email: labsafcanaan@inia.gob.pe

F-48 / Ver 06
www.inia.gob.pe



INFORME DE ENSAYO

LABSAF CANAAN

N° 114088-25NA / SU / CA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: Ever Quintana Quispe
Propietario / Productor	: Ever Quintana Quispe
Dirección del cliente	: Huanta - Ayacucho
Solicitado por	: Ever Quintana Quispe
Muestreado por	: Cliente
Referencia del muestreo	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s) (***)	: Iguain-Huanta-Ayacucho
Fecha(s) de muestreo (***)	: 2025-10-19
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2025-10-20
Lugar de ensayo	: LABSAF CANAAN
Fecha(s) de análisis	: Del 2025-10-28 al 2025-11-03
Cotización del servicio	: 206-25-CA
Fecha de emisión	: 2025-11-04

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU3227-CA-25	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)	2025-10-19	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	11:00	-	-	-	-	-
Código/identificación de la Muestra por el Cliente (***)	-	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,2	2,3	-	-	-
Fósforo Disponible	mg/kg	0,1	22,2	-	-	-
Potasio Disponible	mg/kg	2,7	482,6	-	-	-
Nitrógeno Total	%	-	0,08	-	-	-
ClCe	cmol (+)/Kg	-	24,58	-	-	-
Bases Intercambiables (Ca, Mg, Na y K)						
Calcio (Ca)	cmol (+)/Kg	0,2	18,1	-	-	-
Magnesio (Mg)	cmol (+)/Kg	0,1	4,4	-	-	-
Sodio (Na)	cmol (+)/Kg	0,1	0,8	-	-	-
Potasio (K)	cmol (+)/Kg	0,1	1,2	-	-	-



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017

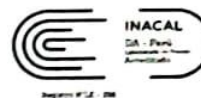
LABSAF Canaan

Dirección: Av. Abancay N° 299, Huamanga-Ayacucho
Email: labsafcanaan@inia.gob.pe

F-48 / Ver.06
www.inia.gob.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO LABSAF CANAAN N° 114088-25 / SU / CA



III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA Method 9045 D Rev. 4 2004 Soil and waste pH.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265:1994 / Cor 1:1996 1994 Soil quality – Determination of the specific electrical conductivity
Carbono Orgánico Total / Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002), ítem 7.1.7, AS-07 2002 Determinación de materia orgánica del suelo (AS-07 Método de Walkley y Black).
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002), ítem 7.1.9, AS-09 2002 Determinación de la textura del suelo (AS-09 Método de Bouyoucos).

IV. CONSIDERACIONES

- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C.
- Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C.

(***) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Katia Mendoza Dávalos - Responsable del LABSAF - CANAAN



Firmado digitalmente por:
MENDOZA DÁVALOS Katia FAU
20131355994 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 06/11/2025 08:32:16-0500

Firma

FIN DE INFORME DE ENSAYO



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017

LABSAF Canaan

Dirección: Av. Abancay N° 299, Huamanga-Ayacucho
Email: labsafcanaan@inia.gob.pe

F-46 / Ver.06
www.inia.gob.pe

Anexo 4

Fichas técnicas de los biofertilizantes comerciales evaluados



INOCULANTE BIOLÓGICO

Bacter® Crecimiento

(*Azospirillum spp.*, *Azotobacter spp.*, *Pseudomonas fluorescens*)

Concentración

<i>Azospirillum sp</i>	3.3 x 10 ⁸ UFC/cc
<i>Azotobacter sp</i>	3.3 x 10 ⁸ UFC/cc
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	3.3 x 10 ⁸ UFC/cc
Concentración total.....	1x 10 ⁹ UFC/cc

Descripción

Bacter® Crecimiento es un inoculante biológico compuesto por bacterias diazotróficas promotoras del crecimiento y fijadoras de nitrógeno. Su uso en la agricultura representa un avance significativo al optimizar la producción agrícola de forma sostenible. Este producto reduce la necesidad de insumos químicos, favorece el desarrollo vegetal y contribuye a un manejo eficiente de los cultivos.

Beneficios

1. Producción de fitohormonas esenciales:
 - Auxinas: Estimulan la división celular y el alargamiento de las células.
 - Giberelinas: Favorecen el crecimiento de tallos, germinación de semillas, desarrollo de frutos y brotación de yemas.
 - Citoquininas: Promueven la división celular, retrasan el envejecimiento de órganos vegetales y estimulan el desarrollo de cloroplastos.
2. Fijación de nitrógeno:
 - Fija hasta 150 toneladas de nitrógeno por hectárea al año, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos entre un 30% y un 50%.
3. Producción de sideróforos quelantes y solubilizadores de hierro:
 - Proveen nutrientes asimilables indispensables para el crecimiento de las plantas.
4. Mejora del entorno rizosférico:
 - Las bacterias efectivas interactúan con las raíces, favoreciendo la disponibilidad de nutrientes y mejorando la calidad del suelo.

Dosis y Aplicación

- Dosis recomendada: 1-2 litros por hectárea.
- Frecuencia de aplicación: Al menos tres aplicaciones durante el ciclo del cultivo.

Valdivia, Sector Valdivia Baja, MZ G, Lote 20, Huanchaco, Trujillo, Perú
www.fungicolperu.com contacto@fungicolperu.com
 Teléfonos 989 973 074 - 044 665828



FICHA TÉCNICA

BioVitalis

Micorrizas

Micorriza + humus liquido + microorganismos de montaña

Composición:

Bacterias rhizosféricas

Pseudomonas sp..... 1 x 10⁶ UFC/ cc

Microorganismos de montaña 1 x 10⁶ UFC/ cc

Micorrizas (*Glomus* sp, *Acaulospora* sp, *Entrophospora* sp).....400 unidades infectivas / cc.

Humus liquido enriquecido con microorganismos eficientes

Nutriente/Propiedad	Cantidad (Aproximada)
Carbono Orgánico	8-10% p/p
pH	6,8-7,5
Densidad	1,28-1,32 g/cm3
Nitrógeno Total	8,1-8,4% p/p
Fosforo (P)	0,1-0,2% p/p
Potasio (K)	0,2-0,4% p/p
Calcio (Ca)	0,05-0,1% p/p
Magnesio (Mg)	0,02-0,05% p/p
Hierro (Fe)	0,01-0,02% p/p
Cobre (Cu)	0,0002-0,0005% p/p
Zinc (Zn)	0,0002-0,0005% p/p
Azufre (S)	0,05-0,1% p/p
Manganeso (Mn)	0,001-0,005% p/p
Boro (B)	0,00005-0,0001% p/p
Molibdeno (Mo)	0,00005-0,0001% p/p
Cobalto (Co)	0,00002-0,00005% p/p
Sodio (Na)	0,01-0,05% p/p
Cloro (Cl)	0.01 - 0.05% p/p
Silicio (Si)	0.01 - 0.03% p/p

C.AF Muro Inca Mnz, Sub lote 2, El Milagro Trujillo, Perú
www.fungicolperu.com contacto@fungicolperu.com
 Teléfonos 989 973 074 - 944 387 130



Aluminio (Al)	0.0001 - 0.001% p/p
Aminoácidos Totales	0.3 - 0.6% p/p
Glutamina	0.02 - 0.05% p/p
Prolina	0.02 - 0.05% p/p
Ácido Aspártico	0.02 - 0.05% p/p
Ácido Glutámico	0.02 - 0.05% p/p
Microorganismos de montaña	1 x 10 ⁶ por cc
Pseudomonas	1 x 10 ⁶ por cc
Humina	0.2 - 0.5% p/p
Ácidos Húmicos	34% p/p
Ácidos Fúlvicos	33% p/p
Materia Orgánica	60% p/p
Extracto Húmico Total	67% p/p
Hidrolizado Proteico	22% p/p
Aminoácidos Libres	14% p/p
Nitrógeno Total	8.2% p/p
Nitrógeno Amoniacal	4.2% p/p
Conductividad Eléctrica (mS/cm)	4.4

MODO DE ACCIÓN

Humus líquido rico en nutrientes inoculado con microorganismos benéficos que estimulan los procesos metabólicos y disparan mecanismos de defensa en las plantas.

Gracias a la alta concentración de microorganismos benéficos de este producto, al ser inoculado el suelo, estos interfieren directamente en la disponibilidad de nutrientes (principalmente de fósforo), haciéndolos más fácilmente asimilables por parte de la planta.

Esta alta carga microbiana también protege las raíces, ya que compiten por espacio y nutrientes con patógenos, desplazándolos del área de influencia de las raíces.

CULTIVOS Y DOSIS

Aplicación foliar y vía suelo.

CULTIVOS	Dosis L/ha	Aplicaciones	Época de Aplicación
Cítricos	2.5-5	2 a 4	En momentos de demanda nutricional, según fenología del árbol.
Uva -Arandano	2.5-5	2 a 4	
Frutales	2.5-5	4 a 6	En condiciones adversas de suelo y clima.
Hortícolas de ciclo corto (<60 días)	2.5-5	1 a 2	

C.AF Muro Inca Mnz, Sub lote 2, El Milagro Trujillo, Perú
www.fungicolperu.com contacto@fungicolperu.com
 Teléfonos 989 973 074 - 944 387 130



Hortícolas de ciclo medio (60d-120d)	2.5-5	2 a 4	directa. Repetir tratamiento a los 30 días en función de las condiciones de cultivo, suelo y clima.
--------------------------------------	-------	-------	---

CONDICIONES DE USO

Producto a base de microorganismos vivos. Se recomienda aplicar bajo asesoramiento técnico. En aplicaciones vía suelo, aplicar en un rango de temperatura del suelo entre 5 y 30°C.

En aplicaciones foliares, aplicar preferentemente al atardecer o en momentos de menor insolación, con temperaturas entre 10 y 30°C.

COMPATIBILIDAD

No mezclar con productos bactericidas, cobres, azufres o productos de pH extremo (ácidos o alcalinos). Rango de pH de la disolución en tanque, entre 5 y 9.

Compatible con la mayoría de los productos fitosanitarios. En caso de duda, consulte con el departamento técnico.

ALMACENAMIENTO Y ESTABILIDAD

Almacenar en su envase original cerrado. Almacenar en un lugar fresco y seco.

MANEJO

Mantener fuera del alcance de los niños

No comer, beber ni fumar durante su utilización.

Puede provocar sensibilización. Se recomienda la utilización de equipo de protección respiratoria (respirador desechable o careta filtrante, al menos EN 149 FFP3 o equivalente).

CADUCIDAD

2 años

ENVASES

1L, 20L y 1000 L

Anexo 5

Matriz de datos consolidados de las variables evaluadas

Bloque	Trat.	Altura 14 DDS (cm)	Altura 28 DDS (cm)	Altura 56 DDS (cm)	Diámetro 56 DDS (mm)	Días a la floración	Nº de vainas/planta	Nº de granos/vaina	Peso de 100 semillas (g)	Rendimiento (t/ha)
1	1	5,31	13,57	47,79	6,06	61,00	34,07	3,50	43,98	1,22
1	2	6,24	15,49	50,19	6,36	59,00	39,93	4,07	48,00	1,72
1	3	6,50	16,28	53,85	7,01	57	50,86	4,21	50,70	3,09
1	4	7,65	14,85	50,19	5,93	61	36,00	3,86	48,58	2,48
1	5	8,30	18,20	58,80	6,37	57	51,64	4,29	51,05	2,78
1	6	6,13	14,21	51,17	7,27	56	44,00	4,64	52,18	3,04
2	1	5,91	14,25	47,15	6,20	62	37,29	3,71	46,13	1,52
2	2	6,49	14,01	52,29	6,33	60	37,29	4,14	49,35	1,73
2	3	5,88	15,06	48,01	5,79	58	50,43	4,43	51,73	3,07
2	4	7,75	14,78	52,60	6,30	62	42,07	3,79	49,00	2,43
2	5	8,36	17,82	54,61	6,09	59	50,50	4,00	50,15	2,75
2	6	6,24	15,01	51,47	6,85	58	42,71	4,57	52,73	2,80
3	1	5,50	12,89	42,66	5,85	60	36,07	3,64	44,17	1,33
3	2	5,84	13,71	46,96	5,93	59	41,43	4,14	48,48	1,65
3	3	6,24	14,86	46,44	5,97	56	49,50	4,36	50,12	3,27
3	4	7,75	14,78	52,60	6,30	60	43,86	3,71	48,00	2,12
3	5	8,31	17,71	54,53	5,74	57	46,36	4,29	48,58	2,55
3	6	6,42	14,88	48,14	6,93	56	50,50	4,71	49,80	2,89

Nota. Los valores de altura, diámetro, número de vainas por planta, granos por vaina y peso de 100 semillas corresponden al promedio calculado de las 252 plantas evaluadas en campo (14 plantas por parcela). Las variables de emergencia, floración y rendimiento (t/ha) corresponden al registro directo obtenido por cada unidad experimental.

Anexo 6*Supuestos estadísticos del modelo univariado***Tabla 33***Resultados de pruebas de normalidad para los residuos de las variables*

Componente	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para Días a la emergencia	,320	18	,000	,758	18	,000
Residuo para Diametro	,113	18	,200*	,968	18	,751
Residuo para Altura_14	,133	18	,200*	,961	18	,623
Residuo para Altura_28	,132	18	,200*	,951	18	,442
Residuo para Altura_56	,095	18	,200*	,977	18	,919
Residuo para Dias_floración	,183	18	,113	,914	18	,101
Residuo para número de vainas	,145	18	,200*	,959	18	,591
Residuo para Granos por vaina	,148	18	,200*	,949	18	,410
Residuo para Peso 100 semillas	,091	18	,200*	,979	18	,943
Residuo para Rendimiento	,131	18	,200*	,962	18	,649

Tabla 34

Resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de las variables

Componente	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Residuo para emergencia	-	5	-	-
Residuo para diámetro	2,859	5	12	,063
Residuo para Altura_14	2,564	5	12	,084
Residuo para Altura_28	2,805	5	12	,066
Residuo para Altura_56	1,612	5	12	,230
Residuo para días de floración	,353	5	12	,870
Residuo para número de vainas	1,543	5	12	,249
Residuo para granos por vaina	1,629	5	12	,226
Residuo para peso 100 semillas	2,252	5	12	,116
Residuo para rendimiento	2,409	5	12	,098

Anexo 7

Panel fotográfico de las labores de campo

Figura 26

Preparación del terreno con tractor agrícola para la siembra



Figura 27

Instalación del sistema de riego por goteo en el terreno.

**Figura 28**

Demarcación de los bloques y parcelas en el terreno experimental

**Figura 29**

Productos biofertilizantes utilizados en el experimento



Figura 30

Pesado de las semillas de frijol canario variedad Centenario



Nota. Semillas pesadas para utilizar en las 3 repeticiones del experimento.

Figura 31

Inoculación de las semillas con BioVitalis® Micorriza Micorriza para el tratamiento 3

**Figura 32**

Inoculación de las semillas con Bacter Crecimiento para el tratamiento 5



Figura 33

Siembra de las semillas de frijol canario variedad Centenario

**Figura 34**

Colocación de tres semillas por golpe junto al gotero de riego

**Figura 35**

Instalación de letreros para identificar los tratamientos en el campo



Figura 36*Emergencia de las plántulas de frijol en el campo***Figura 37***Instalación de trampas amarillas pegajosas para el control de plagas.***Figura 38***Riego de las plantas de frijol canario variedad Centenario.*

Figura 39

Primera aplicación de los tratamientos en la etapa V2

**Figura 40**

Medición de la altura de planta a los 14 días después de la siembra

**Figura 41**

Medición del diámetro del tallo a los 14 días después de la siembra



Figura 42

Vista general del experimento a los 23 días después de la siembra

**Figura 43**

Medición de la altura de planta a los 28 días después de la siembra

**Figura 44**

Medición del diámetro del tallo a los 28 días después de la siembra



Figura 45

Control manual de malezas del terreno experimental

**Figura 46**

Segunda aplicación de los tratamientos en la etapa R5

**Figura 47**

Medición de la altura de planta a los 56 días después de la siembra



Figura 48

Tercera aplicación de los tratamientos en la etapa R7

**Figura 49**

Maduración fisiológica del frijol canario variedad Centenario

**Figura 50**

Cosecha manual del frijol canario variedad Centenario en las parcelas



Figura 51

Cantidad de vainas por planta obtenidas en los tratamientos T1, T6 y T3 en frijol canario var. Centenario.



Nota. T1: testigo, T5: tratamiento con Bacter Crecimiento (4 L/ha) y T3: tratamiento con BioVitalis® Micorriza Micorriza (7 L/ha).

Figura 52

Número de granos por vaina en los tratamientos T1, T3 y T6 en frijol canario var. Centenario



Nota. T1: testigo; T3: tratamiento con BioVitalis® Micorriza (7 L/ha); T6: tratamiento con la mezcla de BioVitalis® Micorriza y Bacter Crecimiento (5 L/ha).

Figura 53

Evaluación del peso de 100 semillas en balanza de precisión



Nota. T1: testigo sin aplicar; T3: tratamiento con BioVitalis® Micorriza; T6: tratamiento con la mezcla de BioVitalis® Micorriza y Bacter Crecimiento (5 L/ha).