

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TESIS

RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE TARWI (*Lupinus mutabilis* S.) Y SU
EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON CEPAS NATIVAS DE *Rhizobium* ssp. EN EL
DISTRITO DE SAN JERÓNIMO – ANDAHUAYLAS - APURÍMAC.

PRESENTADO POR:

Br: ROBERTO CARLOS MEDINA
GUTIERREZ.

Br: TELMA CAMPOS VENEGAS.

PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROPECUARIO.

ASESOR:

Dr. SALVADOR QUISPE CHIPANA
Mg. MARÍA INÉS RIVERO AEDO

ANDAHUAYLAS – PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor Dr. SALVADOR QUISPE CHIPANA**..... quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: **PERFIL DE RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE TARWI (*Lupinus mutabilis* S.) Y SU EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON CEPAS NATIVAS DE *Rhizobium* Msp. EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - ANDAHUAYLAS - APURÍMAC**

Presentado por: **ROBERTO CARLOS MEDINA GUTIERREZ**..... DNI N° **46046136**.....; presentado por: **TELMA CAMPOS VENEGAS**..... DNI N° **45254805**..... Para optar el título Profesional/Grado Académico de **INGENIERO AGROPECUARIO**.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por **2**..... veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de **7**.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, **18** de **NOVIEMBRE** de **2025**.....

Firma

Post firma **Dr. SALVADOR QUISPE CHIPANA**

Nro. de DNI **25788203**

ORCID del Asesor **0000-0002-5509-9437**

ORCID 2º Asesor **0000-0003-3539-2465**

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.

2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: **27259:529450913**

RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE TARWI (*Lupinus mutabilis S.*) Y SU EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON CEPAS ...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:529450913

111 páginas

Fecha de entrega

18 nov 2025, 8:20 a.m. GMT-5

25.649 palabras

Fecha de descarga

18 nov 2025, 8:46 a.m. GMT-5

124.890 caracteres

Nombre del archivo

RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE TARWI (*Lupinus mutabilis S.*) Y SU EFECTO DE LA INOCUL....pdf

Tamaño del archivo

6.5 MB

7% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de fuente excluida
- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- | | |
|----|---|
| 6% |  Fuentes de Internet |
| 1% |  Publicaciones |
| 5% |  Trabajos entregados (trabajos del estudiante) |

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

DEDICATORIA

A NUESTRA FAMILIA:

Por brindarnos su apoyo en los momentos difíciles y también en los felices; sin ese respaldo incondicional, no habríamos sido capaces de alcanzar nuestros sueños.

A NUESTROS HIJOS DANNA Y ERICK

Son la luz que ilumina nuestra existencia y el motor que impulsa nuestro camino, representan la razón de nuestros desvelos y preocupaciones; pero también, la inspiración constante para ser mejores cada día. No hay un solo día en que no agradecemos su presencia en nuestras vidas, los queremos profundamente.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco:

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria, nuestra alma mater, expresamos nuestro más profundo agradecimiento por la formación integral que nos ha brindado. En sus aulas no solo adquirimos conocimientos técnicos y científicos, sino también valores y principios éticos que nos acompañarán a lo largo de nuestra vida profesional.

A nuestros queridos docentes:

Reciban nuestro más sincero agradecimiento por su invaluable labor. Su dedicación, paciencia y sabiduría nos guiaron en el camino del aprendizaje y nos permitieron formarnos como profesionales íntegros. Sus enseñanzas no solo enriquecieron nuestro conocimiento, también nos inspiraron a ser mejores personas.

A mis estimados asesores de tesis, Dr. Salvador Quispe Chipana y Mg. María Inés Rivero Aedo.

Expresamos nuestra profunda gratitud por su invaluable apoyo y orientación a lo largo de todo el desarrollo y ejecución del proyecto de investigación. Su experiencia, conocimiento y consejos fueron fundamentales para la culminación exitosa de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
I. PROBLEMA OBJETIVO DE ESTUDIO	2
1.1. Identificación del problema objetivo de investigación.....	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos	3
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	4
2.1. Objetivos.....	4
2.1.1. Objetivo general	4
2.1.2. Objetivos específicos	4
2.2. Justificación	4
III. HIPÓTESIS	6
3.1. Hipótesis general	6
3.2. Hipótesis específicas.....	6
IV. MARCO TEÓRICO	7
4.1. Antecedentes de la investigación.....	7
4.1.1. Antecedentes internacionales	7
4.1.2. Antecedentes nacionales	8
4.1.3. Antecedentes locales	10
4.2. Bases teóricas	10
4.2.1. Generalidades.....	10
4.2.2. Conceptos relacionados al tarwi.....	11
4.2.2.1. Descripción botánica del tarwi.....	11
4.2.2.2. Clasificación taxonómica del tarwi.....	11

4.2.2.3.	Morfología del cultivo de tarwi.....	12
4.2.2.4.	Variedades del cultivo de tarwi en el Perú	12
4.2.3.	Conceptos relacionados al <i>Rhizobium sp.</i>	13
4.2.3.1.	<i>Rhizobium</i> spp.....	13
4.2.3.2.	Simbiosis Rhizobio – Leguminosa.....	14
4.2.3.3.	Factores que afectan la nodulación	18
4.2.4.	Conceptos de los inoculantes.....	18
4.2.4.1.	Inoculantes líquidos.....	18
4.2.4.2.	Inoculantes liofilizados.	18
4.2.4.3.	Inoculantes caldos concentrados	19
4.2.4.4.	Inoculantes granulados.....	19
4.2.4.5.	Inoculantes en turba.	19
4.3.	Marco conceptual	19
4.3.1.	Inoculación de bacterias.....	19
4.3.2.	Cepas nativas de <i>Rhizobium spp.</i>	20
4.3.3.	Variedades del cultivo de tarwi.....	20
4.3.4.	Desarrollo productivo de tarwi.....	20
4.3.5.	Rendimiento agrícola	20
V.	METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	21
5.1.	Ubicación.....	21
5.1.1.	Ubicación espacial del experimento.....	21
5.1.2.	Ubicación política	21
5.1.3.	Ubicación geográfica	21
5.1.4.	Ubicación hidrológica	23
5.1.5.	Ubicación ecológica	23
5.2.	Nivel y tipo de investigación	23
5.2.1.	Nivel de investigación.....	23
5.2.2.	Tipo de investigación	23
5.3.	Diseño de la investigación.....	23
5.3.1.	Diseño experimental.....	23
5.3.2.	Tratamientos.....	25
5.4.	Variables de la investigación	26
5.4.1.	Variables dependientes.....	26
5.4.2.	Variable independiente.....	26

5.5. Indicadores.....	26
5.5.1. Indicadores a evaluar.....	26
5.6. Población y muestra.	27
5.6.1. Población total.....	27
5.6.2. Población muestra	27
5.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	27
5.7.1. Conducción del experimento.....	27
5.7.1.1. Recolección de muestras de los <i>Rhizobium spp.</i> nativos de Tarwi.	28
5.7.1.2. Multiplicación de muestras de <i>Rhizobium spp.</i> para la investigación.....	29
5.7.1.3. Método de dilución para el conteo de unidades formadoras de colonia.	30
5.7.1.4. Análisis de suelos	32
5.7.1.5. Preparación de la parcela experimental.....	32
5.7.1.6. Siembra y aplicación de los tratamientos.....	33
5.7.1.7. Labores culturales.	33
5.7.1.8. Limitaciones del estudio.....	34
5.7.1.9. Toma de datos de la investigación	35
5.7.2. Instrumentos de investigación.....	39
5.8. Técnicas de procesamiento y análisis datos	40
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	41
6.1. Variables de desarrollo vegetativo.	41
6.1.1. Altura de planta	41
6.1.2. Número de ramas principales.....	43
6.1.3. Peso seco de plantas	45
6.2. Variables de desarrollo simbiótico	47
6.2.1. Peso fresco de nódulos	47
6.2.2. Peso seco de nódulos.....	49
6.2.3. Peso fresco de la raíz.....	51
6.2.4. Largo de raíz	53
6.3. Variables del rendimiento productivo.	55
6.3.1. Número de vainas.....	55
6.3.2. Número de racimos de vainas.	57

6.3.3.	Peso de 100 semillas	59
6.3.4.	Peso seco de granos por plantas	60
6.3.5.	Rendimiento en grano seco (kg/ha).....	62
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
7.1.	Conclusiones.....	65
7.2.	Recomendaciones.....	66
VIII.	REFERENCIAS	67
IX.	ANEXOS	71
9.1.	Anexo A: Registro de campo	71
9.2.	Anexo B: Ficha técnica del caldo de cultivo	89
9.3.	Anexo C: Ficha técnica del medio de cultivo.....	91
9.4.	Anexo D: Análisis de suelos.....	93
9.5.	Anexo E: Imágenes de la investigación.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Cantidades estimadas de nitrógeno fijado por diferentes leguminosas.</i>	10
Tabla 2. <i>Variedades de tarwi del Perú, localización y características.</i>	12
Tabla 3. <i>Coordenadas UTM de la investigación.</i>	21
Tabla 4. <i>Distribución de tratamientos</i>	25
Tabla 5. <i>Indicadores de evaluación</i>	26
Tabla 6. <i>Coordenadas UTM de la ubicación de muestras recolectadas</i>	28
Tabla 7. <i>Contenido del medio y caldo de cultivo</i>	30
Tabla 8. <i>Recuento de unidades formadoras de colonias (UFC)</i>	31
Tabla 9. <i>Resultados de análisis de suelos.</i>	32
Tabla 10. <i>Materiales biológicos</i>	39
Tabla 11. <i>Materiales y equipos de laboratorio</i>	39
Tabla 12. <i>Materiales de campo y gabinete</i>	40
Tabla 13. <i>Resultados de varianzas de diferentes mediciones de altura de planta</i>	41
Tabla 14. <i>Analisis de varianza de ramas principales</i>	43
Tabla 15. <i>Analisis de varianza de peso seco de plantas</i>	45
Tabla 16. <i>Analisis de varianza de peso fresco de nódulos.</i>	47
Tabla 17. <i>Analisis de varianza de peso seco de nódulos.</i>	49
Tabla 18. <i>Analisis de varianza de peso fresco de la raíz.</i>	51
Tabla 19. <i>Analisis de varianza de largo de raíz.</i>	53
Tabla 20. <i>Analisis de varianza de número de vainas</i>	55
Tabla 21. <i>Analisis de varianza de número de racimos de tarwi.</i>	57
Tabla 22. <i>Analisis de varianza de peso de 100 semillas</i>	59
Tabla 23. <i>Analisis de varianza de peso seco de granos por planta.</i>	60
Tabla 24. <i>Analisis de varianza de rendimiento en grano seco (kg/ha)</i>	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Fases fenológicas del cultivo del tarwi</i>	11
Figura 2. <i>Etapa de reconocimiento de los Rhizobio por la planta</i>	15
Figura 3. <i>Etapa de encurvamiento de los Rhizobium por la planta</i>	16
Figura 4. <i>Etapa de infección de los Rhizobio por la planta</i>	16
Figura 5. <i>Etapa de formación de vesículas de los Rhizobio por la planta</i>	17
Figura 6. <i>Etapa de formación de nódulos de los Rhizobio por la planta</i>	17
Figura 7. <i>Mapa de ubicación de la parcela experimental</i>	22
Figura 8. <i>Esquema del diseño experimental de la investigación</i>	24
Figura 9. <i>Croquis experimental</i>	25
Figura 10. <i>Esquema de conducción del experimento</i>	28
Figura 11. <i>Muestras recolectadas: (a) parte foliar del tarwi ;(b) raíces con nódulos</i>	29
Figura 12. <i>Esquema de multiplicación de Rhizobium spp en laboratorio</i>	29
Figura 13. <i>Procedimiento de diluciones</i>	31
Figura 14. <i>Preparación del terreno: (a) y (b) delimitación de bloques y tratamientos</i>	32
Figura 15. <i>Siembra de tratamientos: (a) inoculante líquido; (b) semillas inoculadas</i>	33
Figura 16. <i>Labores agrícolas del cultivo: (a) deshierbo; (b) aporque</i>	33
Figuras 17. <i>Identificación del barrenador de tallo medio: (a) identificación de planta afectada; (b) identificación visual de la plaga</i>	34
Figuras 18. <i>Identificación de enfermedades fungosas: (a) “chupadera”; (b) “roya” y (c) antracnosis”</i>	34
Figura 19. <i>Toma de datos del experimento: (a) medición de altura del tarwi; (b) conteo de numero de ramas principales</i>	35
Figura 20. <i>Cosecha de tratamientos: (a) cosecha en campo;(b) desvainado de tratamientos</i>	35
Figura 21. <i>Cosecha de muestras: (a) plantas muestras; (b) racimos principales</i>	36

Figura 22. Cosecha de muestras: (a) número de vainas; (b) peso de plantas muestras.	36
Figura 23. Secado del grano de tarwi: (a) secado solar; (b) medición de humedad.	37
Figura 24. Recolección de raíces: (a) recolección de raíces; (b) recolección de nódulos.	37
Figura 25. Pesado de plantas de tarwi: (a) pesado de tratamientos; (b) pesado de muestras.	38
Figura 26. Secado de nódulos de tarwi: deshidrato en estufa; (b) pesado de muestras.	38
Figura 27. Grupos homogéneos según diferencias significativas honesta de Tukey, altura de planta	42
Figura 28. Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta de Tukey de número de ramas principales.....	44
Figura 29. Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta de Tukey peso seco de plantas.	46
Figura 30. Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta del peso fresco de los nódulos.....	48
Figura 31. Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta del peso seco de los nódulos.....	50
Figura 32. Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta del peso fresco de la raíz.	52
Figura 33. Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta del largo de la raíz.	54
Figura 34. Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta de Tukey, en número de vainas	56
Figura 35. Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta de Tukey, de número de racimos de tarwi.	58
Figura 36	59
Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta del peso de 100 semillas.	59
Figura 37. Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta del peso seco granos por planta.....	61

Figura 38. <i>Grupos homogéneos según diferencia significativa honesto rendimiento de grano seco (kg/ha).</i>	63
Figura 39. <i>Recolección de nódulos nativos: (a) localidad de Cceñuaran ;(b) localidad. Huinchos</i>	95
Figura 40. <i>Desinfección de nódulo: (a) materiales desinfección; (b) limpieza de nódulos. ...</i>	95
Figuras 41. <i>Preparación de nódulos: (a) triturado de nódulos, (b) siembra de caldo de cultivo.</i>	95
Figuras 42. <i>Preparación de medio cultivos: (a) pesado de nódulos; (b) distinción de medio de cultivo.....</i>	96
Figuras 43. <i>Preparación de medio cultivos: (a) incubación; (b) conteo de unidades colonias</i>	96
Figuras 44. <i>Siembra e inoculación de tratamientos: (a) inoculante; (b) inoculante de semillas.</i>	96
Figuras 45. <i>Crecimiento del tarwi a los: (a) 10 días; (b) 15 días y (c)27 días después de siembra.....</i>	97
Figuras 46. <i>Crecimiento del tarwi a los: (a) 42 días; (b) 56 días y (c) 66 días después de la siembra.....</i>	97
Figuras 47. <i>Crecimiento del tarwi a los: (a) 94 días; (b) formación de vainas principal.....</i>	97
Figuras 48. <i>Crecimiento del tarwi a los: (a) 123 días; (b)139 días y (c) 164 días.....</i>	98
Figuras 49. <i>Cosecha del tarwi a los: (a) y (b) 210 días después de la siembra</i>	98
Figuras 50. <i>Visita de campo de asesores: (a) asesor principal, (b) asesora secundaria.</i>	98

RESUMEN

El estudio se desarrolló en el distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas, región Apurímac, bajo condiciones de campo abierto, y tuvo como objetivo evaluar el rendimiento de dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y el efecto de la inoculación con cepas nativas de *Rhizobium spp.* provenientes de Andahuaylas. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, empleando las variedades de tarwi Andenes 90 y un ecotipo local, con aplicación de inoculantes. Los resultados demostraron que la inoculación de cepas nativas de *Rhizobium spp.* mejoró significativamente las variables de desarrollo vegetativo (altura de planta, número de ramas principales y peso seco por planta), desarrollo simbiótico (peso fresco y seco de nódulos y longitud y peso de raíz) y del desarrollo productivo (número de vainas, número de racimos en vainas, peso de 100 semillas, peso seco de granos por planta y rendimiento en grano seco en kg/ha). Se destacó el tratamiento T1, que alcanzó un rendimiento de 3,344.60 kg/ha superando al tratamiento T2 con 3,060.30 kg/ha, representando un incremento del 9.29 % en la variedad Andenes 90. Para el ecotipo local de tarwi, el tratamiento T3 alcanzó un rendimiento de 2,721.30 kg/ha frente al tratamiento T4 que alcanzó 2,441.00 kg/ha, lo que representa un incremento del 11.48 %, evidenciando que la inoculación con cepas nativas de *Rhizobium spp.* constituye un método eficaz para potenciar el crecimiento y la productividad del cultivo de tarwi en condiciones de campo en la región andina.

Palabras clave: Tarwi, *Lupinus mutabilis*, *Rhizobium spp.*, Inóculo.

ABSTRACT

The study was conducted in the San Jerónimo district, Andahuaylas province, Apurímac region, under open-field conditions, with the objective of evaluating the yield of two tarwi (*Lupinus mutabilis*) varieties and the effect of inoculation with native *Rhizobium* spp. strains from Andahuaylas. A completely randomized block design (CRBD) was used, with four treatments and four replications, employing the tarwi varieties Andenes 90 and a local ecotype, with the application of inoculants. The results demonstrated that inoculation with native *Rhizobium* spp. strains significantly improved vegetative development variables (plant height, number of main branches, and dry weight per plant), symbiotic development (fresh and dry nodule weight, root length, and root weight), and productive development (number of pods, number of racemes per pod, 100-seed weight, dry seed weight per plant, and grain yield in kg/ha). Treatment T1 stood out, reaching a yield of 3,344.60 kg/ha, surpassing treatment T2 with 3,060.30 kg/ha, representing a 9.29 % increase for the Andenes 90 variety. For the local tarwi ecotype, treatment T3 achieved a yield of 2,721.30 kg/ha compared to treatment T4 with 2,441.00 kg/ha, representing an 11.48 % increase. These results indicate that inoculation with native *Rhizobium* spp. strains is an effective method to enhance the growth and productivity of tarwi under field conditions in the Andean region.

Keywords: Tarwi, *Lupinus mutabilis*, *Rhizobium* spp., Inoculant.

INTRODUCCIÓN

Según la base de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAOSTAT (2023), el tarwi, también conocido como lupino andino, ha experimentado un crecimiento significativo en la demanda tanto a nivel internacional como nacional. En 2020, la producción alcanzó las 140,000 toneladas, siendo Perú, Bolivia y Ecuador los principales países productores, que en conjunto aportaron el 80 % de la producción global. Este incremento se atribuye a sus reconocidas propiedades nutricionales, lo que ha posicionado a España, Francia, Italia y Alemania como los mayores importadores.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2021) menciona que, en el Perú, la producción de tarwi fue de 40,000 toneladas, destacando a Junín, Cusco y Puno como las regiones con mayor producción. A pesar de un consumo per cápita de 1 kg anual, la demanda interna ha mostrado una tendencia creciente. Se anticipa que la tendencia de crecimiento en la demanda de tarwi persistirá en el futuro, reflejando un interés creciente por parte de los clientes tanto a escala nacional como global.

El incremento en la demanda de tarwi se debe a su elevado valor nutricional y a su contribución en el fortalecimiento de la seguridad alimentaria en las zonas altoandinas. No obstante, su rendimiento se ve limitado por diversos factores, entre ellos la baja disponibilidad de nitratos en el suelo. En este contexto, la inoculación con cepas nativas de bacterias del género *Rhizobium spp.*, capaces de establecer simbiosis con el tarwi, se presenta como una estrategia sostenible para optimizar el rendimiento del cultivo.

El presente estudio tiene como objetivo determinar el rendimiento de dos variedades de tarwi y evaluar el efecto de la inoculación con cepas nativas de *Rhizobium spp.* sobre el desarrollo vegetativo, desarrollo simbiótico y desarrollo productivo en el distrito de San Jerónimo.

I. PROBLEMA OBJETIVO DE ESTUDIO

1.1. Identificación del problema objetivo de investigación.

El tarwi (*Lupinus mutabilis*), se conoce también como chocho o altramuz andino, es un tipo de legumbre originaria de la región andina, reconocido por su elevado valor nutricional. No obstante, su producción enfrenta obstáculos significativos, destacando entre ellos la escasez de nitratos en el suelo, lo que restringe su rendimiento agrícola.

Específicamente, en las zonas del distrito de San Jerónimo, se encuentran suelos con limitada fertilidad, marcada principalmente por la insuficiencia de nitrógeno. Este componente es vital para el óptimo desarrollo vegetativo, interviniendo en procesos fundamentales como la fotosíntesis, la síntesis enzimática y la producción de proteínas.

Frente a esta limitación, para aumentar el rendimiento, los productores utilizan fertilizantes químicos. Sin embargo, esta práctica trae consecuencias graves en los suelos como son la acidificación y alteración del pH, modificando su composición microbiológica y estructural.

Ante este desafío, la inoculación con cepas nativas de *Rhizobium spp.* emerge como una alternativa ecológica para elevar la producción de tarwi. Estas bacterias, pertenecientes al género *Rhizobium*, forman una relación simbiótica con la leguminosa, fijando el nitrógeno del ambiente. Al establecerse en los nódulos radiculares del tarwi, transforman el nitrógeno gaseoso en amoníaco, nutriente accesible para la planta.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. *Problema general*

¿Cuál es el efecto de la inoculación con cepas nativas de *Rhizobium spp.* sobre el rendimiento de dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en condiciones del distrito de San Jerónimo – Andahuaylas – Apurímac?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo es el desarrollo vegetativo con inóculos de cepas nativas de *Rhizobium spp* en las dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la localidad de San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac?
- b. ¿Cómo es el desarrollo simbiótico con los inóculos de cepas nativas de *Rhizobium spp*. en las dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la localidad de San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac?
- c. ¿ Cómo es el desarrollo productivo con los inóculos de cepas nativas de *Rhizobium spp*. en las dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la localidad de San Jerónimo, Andahuaylas Apurímac?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivos

2.1.1. *Objetivo general*

Evaluar el efecto de la inoculación con cepas nativas de *Rhizobium spp.* sobre el comportamiento agronómico, capacidad simbiótica y el rendimiento en dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en el distrito de San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac.

2.1.2. *Objetivos específicos*

- a. Evaluar el efecto de los inóculos con *Rhizobium spp.* sobre el desarrollo vegetativo de dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en el distrito de San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac.
- b. Evaluar el efecto de los inóculos con *Rhizobium spp.* sobre el desarrollo simbiótico de dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en el distrito de San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac.
- c. Evaluar el efecto de los inóculos con *Rhizobium spp.* sobre el desarrollo productivo de dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en el distrito de San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac.

2.2. Justificación

El tarwi (*Lupinus mutabilis*), esencial en los andes por su riqueza nutricional y su papel en fortalecer la seguridad alimentaria y la economía local, enfrenta desafíos en la producción, ocasionado por suelos empobrecidos. La inoculación de las semillas del tarwi con bacterias del género *Rhizobium spp.*, emerge como una alternativa ecológica y sostenible para aumentar la producción del tarwi.

En el contexto específico del distrito de San Jerónimo, la producción de tarwi se ve particularmente restringida por suelos empobrecidos por la fertilización química. La investigación sobre el efecto de los inóculos con cepas nativas de *Rhizobium spp.* en el

desarrollo vegetativo y productivo de diferentes variedades de tarwi justifica su relevancia debido a su potencial para aumentar significativamente la producción, lo cual no solo mejoraría la seguridad alimentaria, también estaría incrementando los ingresos económicos de los agricultores locales. Este enfoque promueve una mayor adaptación simbiótica entre el inóculo nativo y las variedades de tarwi cultivadas, potenciando la efectividad de la simbiosis bacteriana mediante la inoculación.

El estudio propuesto tiene la capacidad de reducir el uso de los fertilizantes químicos nitrogenados, contribuyendo en las buenas prácticas agrícolas sostenibles y reduciendo el impacto ambiental, al evaluar el desarrollo vegetativo, capacidad simbiótica y desarrollo productivo de las dos variedades de tarwi tras la inoculación con cepas nativas, se busca determinar las diferencias en la respuesta a la inoculación.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

La inoculación con cepas nativas de *Rhizobium spp.* tiene un efecto positivo sobre el desarrollo vegetativo, desarrollo simbiótico y desarrollo productivo de una de las dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*), en el distrito de San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac.

3.2. Hipótesis específicas

- ✓ La inoculación con *Rhizobium spp.* favorece el desarrollo vegetativo de una de las dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en comparación con el tratamiento control sin inoculación
- ✓ La inoculación con *Rhizobium spp.* mejora el desarrollo simbiótico de una de las dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en comparación con el tratamiento control sin inoculación
- ✓ La inoculación con *Rhizobium spp.* aumentará el desarrollo productivo de una de las dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en comparación con el tratamiento control sin inoculación

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes de la investigación

4.1.1. Antecedentes internacionales

Changoluisa (2022) en su investigación realizada en la localidad de Latacunga, Ecuador, titulada “*Evaluación de dos cepas (Cotopaxi y Tungurahua) de Rhizobium spp. a dos dosis en el chocho (Lupinus mutabilis) var. INIAP-450 (Andino), Ceasa – Cotopaxi. 2021-2022*”, empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) para evaluar el efecto de la inoculación con *Rhizobium spp.* en dos dosis (1 cc y 2 cc) sobre la variedad INIAP-450 (Andino) de chocho. La inoculación se realizó mediante la inmersión de las semillas en las respectivas disoluciones antes de la siembra. El estudio contempló la evaluación del cultivo hasta la etapa de floración, considerando variables como porcentaje de germinación, altura de planta a los 66 días, número de hojas, inicio de la floración, diámetro de los nódulos y número de nódulos formados. Los resultados indicaron que la dosis de 2 cc presentó un mejor desempeño de los indicadores evaluados. En conclusión, la variedad INIAP-450 (Andino) responde favorablemente a una dosis moderada de *Rhizobium spp.*, aplicada mediante inmersión de la semilla, optimizando así el desarrollo inicial y la nodulación de la planta.

Mollinedo (2015) desarrolló una investigación en la localidad de La Paz, Bolivia, titulada “*Efecto de aislamientos de Rhizobium obtenidos de plantas cultivadas (Lupinus mutabilis) y silvestres (Lupinus spp.) sobre plantas de tarwi en condiciones de invernadero*”. El estudio se realizó bajo condiciones controladas en invernadero, utilizando bolsas plásticas como unidades experimentales, y aplicando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). El investigador aisló diferentes cepas de *Rhizobium spp.* a partir de plantas cultivadas y silvestres de lupino, con el objetivo de evaluar su efecto sobre diversas variables del cultivo de tarwi. Se analizaron variables morfológicas como diámetro del cuello, altura de planta, número de ramas, diámetro de hoja, materia seca, longitud; y peso de raíz, variables de

rendimiento como número de vainas y rendimiento en vaina verde; y las variables bacteriológicas como porcentaje de materia seca de los nódulos, número de nódulos, color de nódulos y unidades formadoras de colonia. Los resultados mostraron que los aislamientos de *Rhizobium* presentaron un desempeño superior en comparación con el testigo sin inóculos. En conclusión, el estudio evidencia la importancia del uso de cepas nativas de *Rhizobium* para aumentar la eficiencia en la fijación biológica de nitrógeno, incrementar el rendimiento del tarwi y optimizar sus características agronómicas.

4.1.2. Antecedentes nacionales

Lonazco (2022) en su investigación titulada “*Co-inoculación con Bradyrhizobium y Azospirillum en el rendimiento y calidad de ecotipos de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet), Llachoccmayo - Chiara, Ayacucho 2019*”, desarrolló un estudio en condiciones de campo, aplicando un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones. El objetivo fue comparar la respuesta de cuatro ecotipos de tarwi frente a los inóculos con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*, la fertilización nitrogenada, y un control sin tratamiento. Las variables de evaluación incluyeron indicadores de capacidad simbiótica, variables biométricas y parámetros de rendimiento. Los resultados demostraron que la inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* generó diferencias significativas en los indicadores evaluados, especialmente en el rendimiento de grano seco, registrándose valores de 2254.01 y 2216.71 kg/ha, respectivamente. Estos superaron significativamente a los tratamientos con fertilización N⁺ y al testigo absoluto, los cuales presentaron los menores rendimientos. En conclusión, el estudio evidenció que la inoculación biológica, y en particular con inóculos de *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*, mejora de forma significativa tanto el rendimiento del tarwi, en comparación con el uso de urea y la ausencia de tratamiento.

Taipe (2021) en su trabajo titulado “*Evaluación del efecto de Bradyrhizobium en el rendimiento y la capacidad simbiótica en dos variedades de tarwi (Lupinus mutabilis) en*

Buenavista – Lircay”, empleó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial, conformado por cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. El objetivo fue la evaluación del efecto de *Bradyrhizobium* sobre el rendimiento y la capacidad simbiótica de dos variedades de tarwi. Los resultados indicaron que la variedad Altagracia inoculada presentó el mayor rendimiento de grano, alcanzando los 2400 kg/ha, y comparando con el tratamiento testigo, que obtuvo 1720 kg/ha. Asimismo, en las demás variables agronómicas y en la capacidad simbiótica se observaron diferencias estadísticamente altamente significativas, lo que evidencia el efecto positivo de *Bradyrhizobium* en la producción del cultivo.

Taco-Taype y Zúñiga-Dávila (2020) en su estudio denominado “*Efecto de la inoculación de plantas de tarwi con cepas de Bradyrhizobium spp. aisladas de un lupino silvestre, bajo condiciones de invernadero*”. Las cepas utilizadas fueron recolectadas en Huaraz y se compararon con controles: uno positivo (con fertilización nitrogenada), uno negativo (sin nitrógeno ni inoculación) y una cepa de referencia. El experimento tiene el Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), con 11 tratamientos y cinco repeticiones. Los indicadores de evaluación incluyeron: longitud aérea de la planta, cobertura foliar, peso seco de la raíz, peso seco parte aérea, número de hojas, número de nódulos principales y número de nódulos secundarios. Las mediciones se realizaron hasta los 85 días después de la siembra. Los resultados mostraron que los tratamientos inoculados con *Bradyrhizobium spp.* presentaron un desarrollo superior en comparación con el testigo con fertilización nitrogenada (N⁺), lo que evidencia el potencial de estas cepas como biofertilizantes eficientes para el cultivo de tarwi.

Gonzales et al. (2018) en su investigación titulada “*Efecto del biofertilizante Azotobacter – Rhizobium en tarwi (*Lupinus mutabilis*), como alternativa a la fertilización química*”, con un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), utilizando tratamientos con cepas de *Rhizobium* aisladas y comerciales, así como un tratamiento con fertilización nitrogenada al 0.1 %. La evaluación se realizó hasta los 30 días de crecimiento, considerando

variables como altura de planta, número de hojas, peso fresco y seco de raíz, longitud de raíz, seco de la parte aérea y peso fresco, índice de asimilación de nitrógeno (%) y contenido de nitrógeno en tejido vegetal (g/100 g). Los resultados indican que los inóculos con *Rhizobium* y *Azotobacter* generó diferencias significativas en comparación con los tratamientos testigo, tanto negativos como positivos. Estos hallazgos evidencian que la inoculación microbiana representa una alternativa ecológica eficaz frente al uso convencional de fertilizantes químicos en el cultivo de tarwi.

4.1.3. Antecedentes locales

En la región de Apurímac, hay una falta de investigación sobre los usos y efectos de los inóculos de cepas nativas de *Rhizobium spp.* usando el cultivo de tarwi, o afines del tema de investigación.

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Generalidades.

Carrillo (1989) afirma que la inoculación de las semillas de leguminosas tiene como objetivo la fertilización nitrogenada y consiste en la aplicación con cepas de *Rhizobium spp.*

García-Olivares (2017) menciona que el *Rhizobium spp.* tiene la habilidad de infectar tejidos radiculares y pelos, al movilizarse a través de pelos radiculares para provocar la activación inmunológica, formando los nódulos visibles en la raíz, en estos nódulos las bacterias se multiplican y transforman para luego realizar la fijación de nitrógeno atmosférico

Tabla 1

Cantidades estimadas de nitrógeno fijado por diferentes leguminosas.

Nº	Cultivo	N.C.	Nitrógeno fijado (kg/ha/año)
1	Haba	<i>Vicia faba</i>	45-552
2	Garbanzo	<i>Cicer aristinum</i>	103
3	Lenteja	<i>Lens culinaris</i>	88-114
4	Arveja	<i>Pisiun sativun</i>	52-77
5	Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	229-290
6	Trébol Blanco	<i>Trifilium repens</i>	128
7	Vicia	<i>Vicia sativa</i>	110

Nota. Tomado de Lincoln y Zeiger (2017)

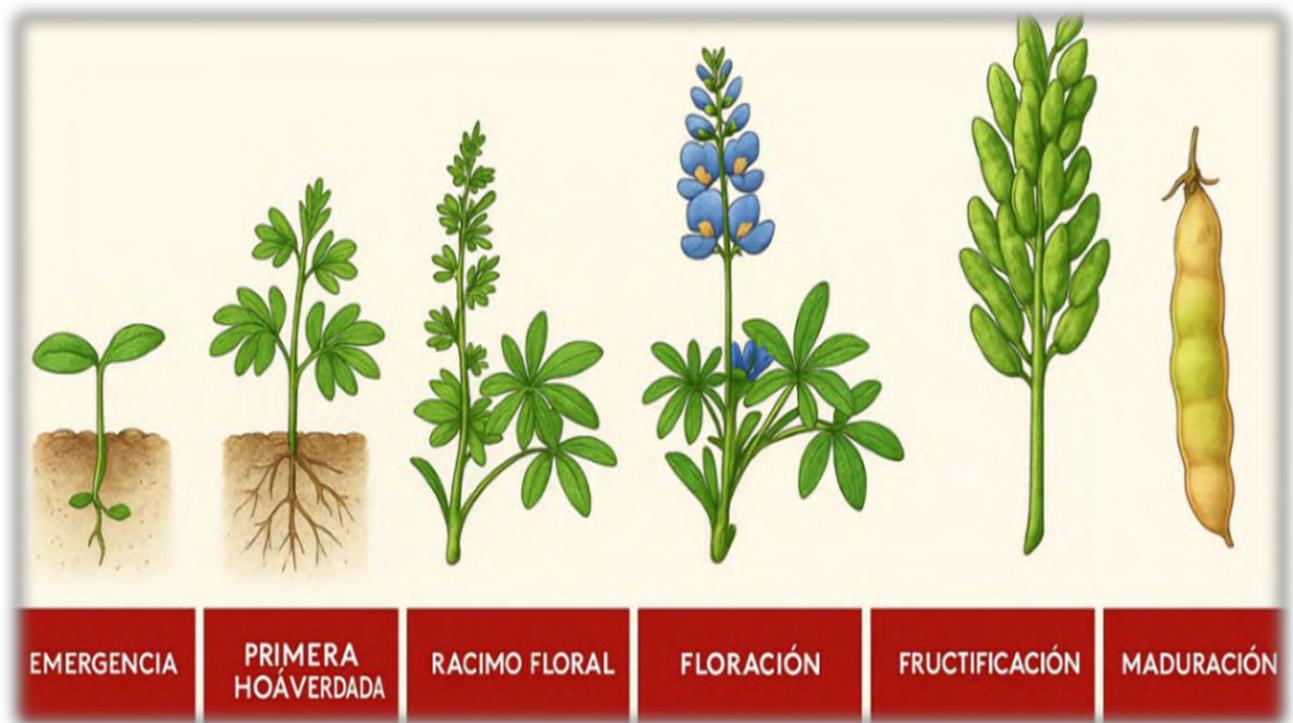
4.2.2. Conceptos relacionados al tarwi.

4.2.2.1. Descripción botánica del tarwi.

Mayhua (2012) describe el tarwi como una leguminosa herbácea erecta de tallos robustos y algo leñosos, cultivada entre los 2,000 y 3,800 msnm en climas templados y fríos. Estas plantas, generalmente de 1.5 a 2 metros de altura, presentan hojas palmitiformes con foliolos dispuestos de manera similar a una mano. Sus flores, agrupadas en inflorescencias largas y vistosas en variedades silvestres y ornamentales, tienden a ser menores y menos llamativas en las especies para consumo alimenticio. Los pétalos varían del blanco al azul intenso, con tonos azulados y rosados predominantes. El fruto es una legumbre que alberga semillas de forma achatada.

Figura 1

Fases fenológicas del cultivo del tarwi.



Nota. Adaptado de Cuna (2011)

4.2.2.2. Clasificación taxonómica del tarwi.

Mujica (2006) indica que la clasificación taxonómica del tarwi se sitúa en la siguiente forma:

- Reino: Plantae.
- Subreino: Fanerogamae.
- División: Espermatophitas.
- Clase: Dicotiledónea.
- Orden: Rosales.
- T Suborden: Leguminosae.
- Familia: Fabaceae.
- Subfamilia: Faboideae.
- Tribu: Genisteae
- Género: *Lupinus*.
- Especie: *Lupinus mutabilis*.

4.2.2.3. *Morfología del cultivo de tarwi*.

FAO (2018) describe al tarwi que es una especie herbácea mayormente anual, de crecimiento vertical, con ramas laterales que pueden llegar alcanzar de 0.80 m hasta los dos metros en variedades más altas. El tarwi es catalogado por la FAO como un super alimento ya que puede adaptarse a los cambios climáticos que atraviesa el mundo y por su fuente rica en proteínas puede ayudar en la seguridad alimentaria del mundo

4.2.2.4. *Variedades del cultivo de tarwi en el Perú*.

Tabla 2

Variedades de tarwi del Perú, localización y características.

<i>Variedad</i>	<i>Localización donde se seleccionó</i>	<i>Característica</i>
Kayra	Cusco - E.E. Andenes	Alto rendimiento
Precoz CICA	Cusco - E.E. Kayra.	Rendimiento, precoz y buen
Andenes 90	Cusco - E.E. Andenes	Alto rendimiento
Puno	Puno - E.E. Camacani.	Precoz
Yunguyo	Puno - E.E. Illpa,	Alto rendimiento
Blanca de Cajamarca	Cajamarca -E.E. Baños del Inca	Alto rendimiento
Altagracia	La libertad -Huamachuco.	Tolerante a Antracnosis

Nota. Tomado de Camarena (2012)

4.2.3. Conceptos relacionados al *Rhizobium* sp.

4.2.3.1. *Rhizobium* spp.

FAO (2020) menciona que la clasificación taxonómica de los rizobios, pertenecientes al género *Rhizobium* spp. y miembros de las α -Proteobacteria, ha experimentado cambios significativos, diversificándose en múltiples géneros. Investigaciones en plantas hospederas promiscuas de diversas regiones geográficas han revelado que estas son fuentes de numerosas especies nuevas de rizobios. Recientemente, se han identificado aislamientos en nódulos de leguminosas capaces de fijar nitrógeno, pero que filogenéticamente no se agrupan con los rizobios tradicionales de las α -proteobacterias. Entre los nuevos géneros simbiontes que pueden fijar nitrógeno atmosférico, las leguminosas se encuentran *Methylobacterium*, *Blastobacter*, , *Devosia*, *Ochrobactrum* y *Phyllobacterium* dentro de las α -proteobacterias, y *Burkholderia*, *Herbaspirillum*, *Cupriavidus* y *Ralstonia* dentro de las β -proteobacterias.

La FAO (2020) describe a los rizobios como bacilos Gram negativos, con dimensiones aproximadas a 0,5 a 1,0 x 1,2 a 3,0 μm , son móviles gracias a flagelos perítricos. Sus colonias, típicamente blancas o beige, son circulares, convexas y pueden ser semitranslúcidas u opacas, a veces mucoides, alcanzando un diámetro de 2 a 4 mm tras 3 a 5 días de incubación en medio de Yeast Extract Mannitol Agar (YMA).

Kuykendall (2005) señala que el crecimiento de los rizobios en medios con carbohidratos suele generar una abundante producción de exopolisacáridos extracelulares, lo que conduce a una notable turbidez en caldo aireado o agitado en un periodo de 2 a 3 días. Asimismo, describe a estas bacterias como aerobias adaptadas a temperaturas de crecimiento de 25 y 30 °C, aunque algunas especies toleran hasta 40 °C. El rango óptimo de pH para su crecimiento es de 6,0 a 7,0, pudiendo adaptarse a condiciones de pH que van de 4,0 a 10,0. La multiplicación de las cepas de *Rhizobium* spp. varía de 1,5 a 5,0 horas.

4.2.3.2. *Simbiosis Rhizobio – Leguminosa*

D'Haeze y Holster (2002) describen la simbiosis rizobio-leguminosa comienza por los exudados presentes en las raíces vegetales, los cuales facilitan la interacción con los rizobios y la manifestación de los genes de nodulación. Los exudados principales son los flavonoides, tales como luteolina, narigenina y genisteína, que se relacionan con las proteínas bacterianas "NodD", activando la expresión de los genes (nod).

Olivares y Barea (1995) destacan que en la simbiosis entre rizobios y plantas, es la planta hospedera la que contiene la información genética requerida para permitir la infección simbiótica y el desarrollo de los nódulos. Por su parte, la bacteria desempeña un papel clave al iniciar esta interacción, cumpliendo funciones determinantes en dos fases principales: la etapa previa a la infección, que involucra una atracción quimiotáctica hacia la raíz y modificaciones morfológicas en los pelos radicales; y la etapa de infección, en la que el microorganismo penetra en el pelo radical y genera estructuras tipo canales recubiertos por material derivado de la pared celular.

Vidal (2012) explica que la reducción de nitrógeno molecular (N_2) en los nódulos es un proceso energéticamente costoso, sostenido por la planta a través de la provisión de fotosintatos, principalmente glucosa, que son transportados al nódulo. En este ambiente, los bacteroides obtienen energía y carbono gracias a la membrana del simbiosoma, en condiciones de baja concentración de oxígeno regulada por la leghemoglobina, para facilitar la respiración. Además, el amoniaco generado por los bacteroides se transfiere a la planta gracias a la misma membrana, utilizando un flujo de aminoácidos para su asimilación en el citosol como glutamina y asparagina.

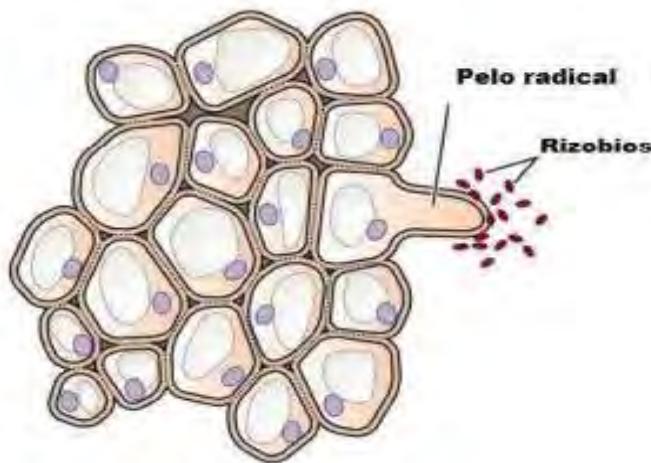
a. Reconocimiento de la combinación adecuada de organismos

Según Hirsch (2001) y Strugaard (2000), durante la interacción planta-*Rhizobium*, la planta libera en la rizosfera compuestos específicos, como derivados del ácido araquidónico o

compuestos fenólicos, entre los que destacan los flavonoides, los cuales han recibido mayor atención en las investigaciones. Estos compuestos actúan como señales que median la especificidad de la simbiosis con las leguminosas. En respuesta, los *Rhizobium* activan genes relacionados con la nodulación, conocidos como genes Nod, que codifican la síntesis de los factores Nod. Estos factores, que contienen glucosaminas y residuos del ácido araquidónico en la región no reductora del azúcar, son responsables de inducir la deformación de los pelos radicales en la mayoría de especies de leguminosas.

Figura 2

Etapa de reconocimiento de los Rhizobio por la planta.



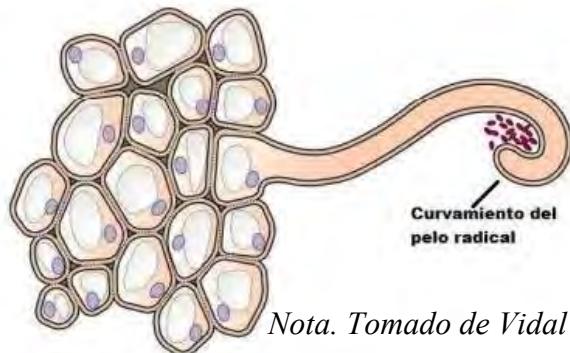
Nota. Tomado de Vidal (2012)

b. Encurvamiento del pelo radical:

De acuerdo con Hirsch (2001) y Strugaard (2000), la nodulación en las leguminosas requiere de la interacción entre los flavonoides exudados por la raíz y los factores Nod producidos por las bacterias simbióticas. Estos factores inducen un flujo de iones de calcio (Ca^{2+}), lo que conlleva a la despolarización de la membrana plasmática y desencadena una reorganización del citoesqueleto, específicamente de los filamentos de actina, modificando así la dirección del crecimiento de los pelos radicales.

Figura 3

Etapa de encurvamiento de los Rhizobium por la planta.



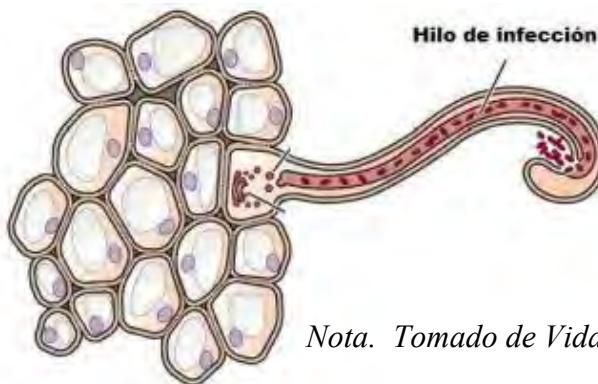
Nota. Tomado de Vidal (2012)

c. Generación del hilo de infección:

Hirsch (2001) y Strugaard (2000) destacan la participación de las lectinas, proteínas ricas en carbohidratos que facilitan la adherencia entre la planta y la bacteria, en el proceso de simbiosis. Esta interacción permite que la bacteria penetre en el pelo radical y promueva que la planta forme un tubo con una composición parecida a la de su pared celular, denominado canal de infección.

Figura 4

Etapa de infección de los Rhizobio por la planta.



Nota. Tomado de Vidal (2012)

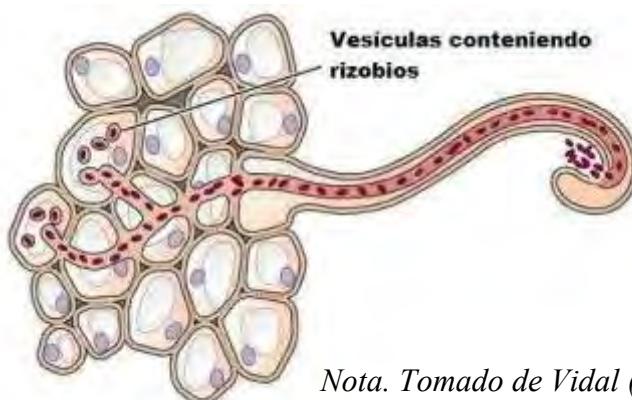
d. Formación de vesículas:

Strugaard (2000) y Walker (1975) concluyen que la simbiosis entre *Rhizobium sp.* y las plantas es inducida por la acción conjunta de los factores Nod y fitohormonas como la auxina, los cuales actúan como señales que preparan las células vegetales para la infección. Las bacterias ingresan al citoplasma mediante un proceso similar a la endocitosis y quedan encerradas en vesículas denominadas bacteroides, rodeadas por la membrana peribacteroidal.

Estas estructuras se conectan con el sistema vascular de la planta, lo que posibilita el inicio del proceso de fijación biológica del nitrógeno.

Figura 5

Etapa de formación de vesículas de los Rhizobio por la planta.



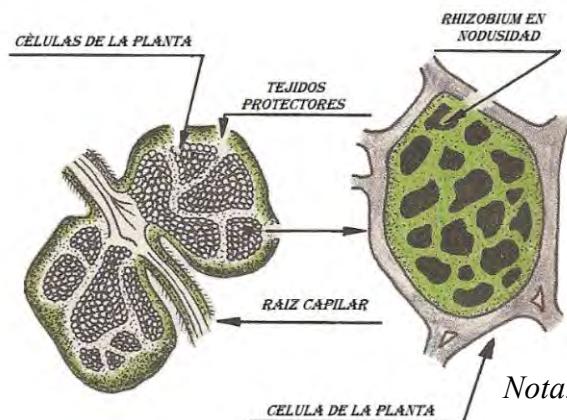
Nota. Tomado de Vidal (2012)

e. Forma externa de los nódulos:

Álvarez (2013) indica que los nódulos activos en leguminosas presentan distintas formas y una coloración rojiza característica debido a la leghemoglobina, una proteína compuesta por un grupo hemo bacteriano y una globina vegetal. Esta proteína regula la entrada de oxígeno en el nódulo, facilitando la absorción biológica de nitrógeno.

Figura 6

Etapa de formación de nódulos de los Rhizobio por la planta.



Nota. Tomado de Vidal (2012)

f. Tipos de nódulos

Carpio (2014) en leguminosas tropicales como soya, frijol y maní, los nódulos esféricos se originan de un meristemo apical no persistente, presentan un sistema vascular cerrado y

alojan bacteroides entre células no infectadas. Su crecimiento se debe principalmente al ensanchamiento celular y producen ureidos como principal forma de transporte del nitrógeno fijado hacia la planta.

4.2.3.3. *Factores que afectan la nodulación*

Campaña (2003) argumenta que la formación de nódulos resulta de un intrincado intercambio molecular entre la planta y su simbionte, cuya interacción mutualista se basa en la compatibilidad genética y los factores abióticos del suelo. Subraya que solo ciertos rizobios tienen la capacidad de inducir nódulos en leguminosas específicas, lo que descarta la posibilidad de una asociación aleatoria entre compatibles, ya que no todos los genotipos de plantas y bacterias logran establecer simbiosis eficazmente. Además, destaca cómo en ambientes naturales, los inoculantes seleccionados por su eficiencia en fijación de nitrógeno pueden ser reemplazados por cepas nativas de rizobios, evidenciando la complejidad de las interacciones planta-microorganismo y el papel crítico del entorno edáfico en la configuración de estas relaciones simbióticas.

4.2.4. *Conceptos de los inoculantes.*

4.2.4.1. *Inoculantes líquidos.*

García-Olivares (2017) indica que estos son cultivos bacteriológicos comercializados en frascos de vidrios se distinguen por una elevada concentración de *Rhizobium* por ml. Debido a su limitada vida útil, deben aplicarse en un corto periodo, generalmente mediante aspersión al suelo. Asimismo, pueden ser compatibles con ciertos fertilizantes o inoculantes bacterianos y emplearse en conjunto con las semillas.

4.2.4.2. *Inoculantes liofilizados.*

García-Olivares (2017) refiere que las cepas de *Rhizobium spp.* que han sido deshidratadas a bajas temperaturas y embolsadas. Esta técnica ofrece el beneficio de una prolongada vida útil; sin embargo, implica una alta mortalidad de los microorganismos. Dichos

cultivos, una vez rehidratados, pueden aplicarse directamente a las semillas. Esta metodología no solo facilita el transporte de cultivos puros, sino que también sirve como un método para aumentar la viabilidad de las cepas. Su uso comercial, no obstante, es relativamente limitado.

4.2.4.3. *Inoculantes caldos concentrados.*

García-Olivares (2017) señala que se trata de una variante modificada de los inoculantes líquidos, en la cual se elimina gran parte del contenido de agua hasta obtener bloques sólidos. Estos se aplican directamente en el tratamiento de semillas y presentan una vida útil reducida.

4.2.4.4. *Inoculantes granulados.*

García-Olivares (2017) indica que, en diversos medios inertes, estos se aplican directamente al suelo o se mezclan con fertilizantes adecuados, ofreciendo una vida útil generalmente prolongada que varía según su composición. Sin embargo, su costo es superior al de otros inoculantes.

4.2.4.5. *Inoculantes en turba.*

García-Olivares (2017) sostiene que estos son los más reconocidos y ampliamente utilizados debido a su conveniente vida útil, así como su fácil conservación y manejo. Sus ventajas se atribuyen a que proporcionan las condiciones óptimas para el desarrollo de Rhizobio, además, sirven como un excelente método de preservación para las bacterias

4.3. Marco conceptual

4.3.1. *Inoculación de bacterias*

Es un procedimiento mediante el cual se introduce artificialmente una cantidad de inóculo en un ambiente adecuado, con el objetivo de iniciar y promover el crecimiento y la multiplicación de los microorganismos presentes.

4.3.2. Cepas nativas de rhizobium spp.

Son un conjunto de subespecies de cepas (*spp.*) que, a lo largo del tiempo y bajo diferentes condiciones edafoclimáticas, se han adaptado a un ambiente específico.

4.3.3. Variedades del cultivo de tarwi

Las variedades de cultivos son un conjunto de plantas que tienen características definidas e identificadas y la capacidad de heredar estas características de forma sexual o asexual, y el cultivo del tarwi se identificó 07 variedades por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) que se pueden identificar en variedades tempranas y tardías.

4.3.4. Desarrollo productivo de tarwi

El proceso donde un cultivo inicia con la producción de estructuras productivas como son las flores y los frutos. Este proceso inicia en tarwi con la floración del tallo principal y posteriormente los tallos laterales y finaliza con la floración de los tallos de los entrenudos

4.3.5. Rendimiento agrícola

El rendimiento agronómico es un indicador productivo ampliamente utilizado para cuantificar la producción obtenida de un cultivo por unidad de superficie, siendo la hectárea la medida más empleada. Este indicador se calcula generalmente al finalizar un ciclo productivo, conocido como campaña agrícola.

V. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Ubicación

5.1.1. *Ubicación espacial del experimento*

El proyecto se desarrolló en la localidad de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas – Apurímac. La parcela destinada para la investigación se encuentra en la localidad de Totoral que tiene las condiciones edafoclimáticas óptimas para el cultivo del tarwi.

5.1.2. *Ubicación política*

La ubicación política se sitúa en el distrito de San Jerónimo, que forma parte la provincia de Andahuaylas, que es conocida como un distrito que tiene una actividad agrícola y ganadera muy difundida.

- ✓ Departamento : Apurímac
- ✓ Provincia : Andahuaylas
- ✓ Distrito : San Jerónimo
- ✓ Centro poblado : Totoral

5.1.3. *Ubicación geográfica*

El distrito de San Jerónimo ubicado en la provincia de Andahuaylas, que forma parte de la región de Apurímac, en el sur del Perú. A continuación, se detallan las coordenadas geográficas:

Tabla 3

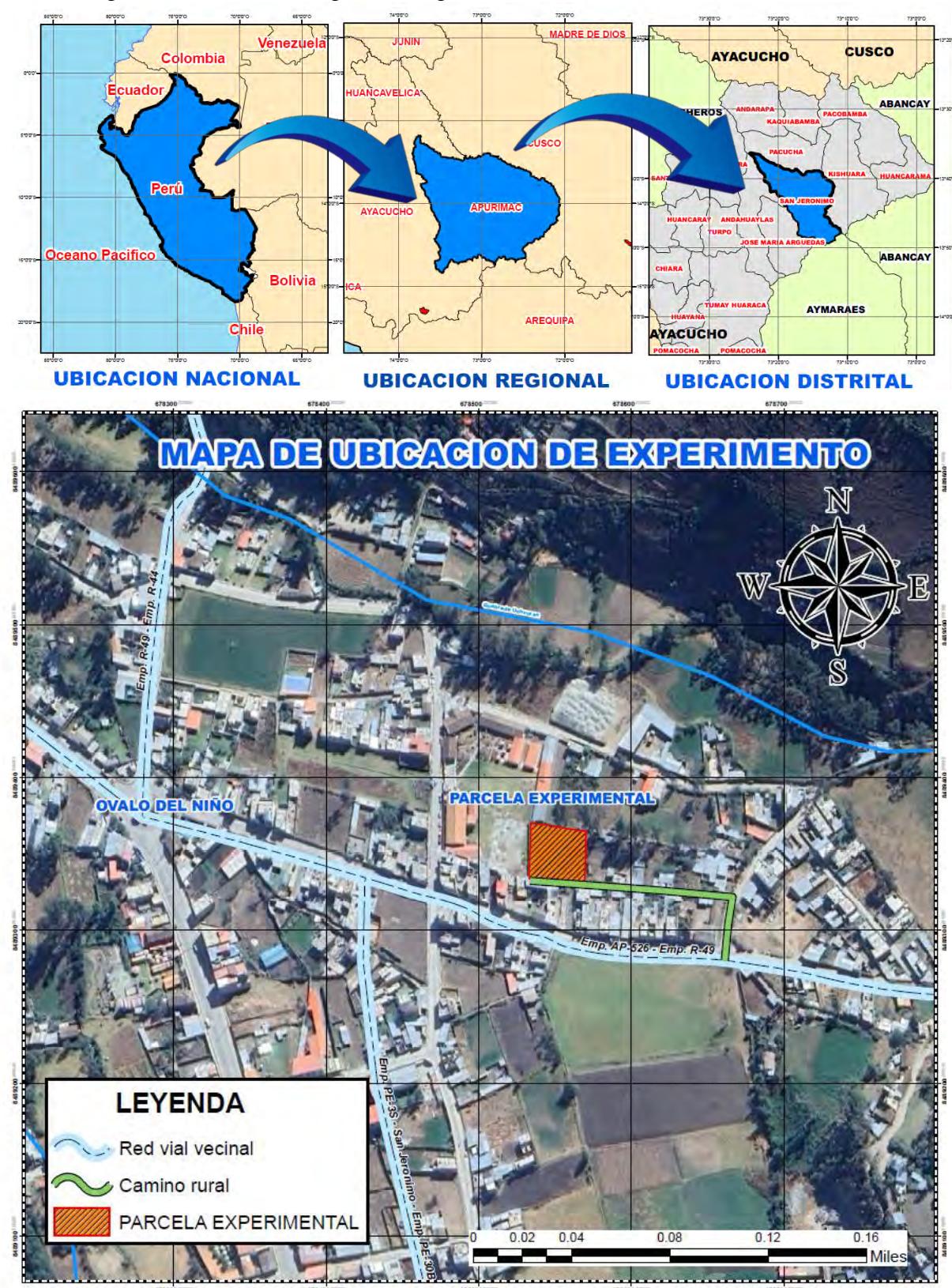
Coordenadas UTM de la investigación.

Coordenada este (E)	0678542
Coordenada norte (N)	8489349
Altitud	3020 ms. n. m.

Nota. Tomado de Google earth (2025)

Figura 7

Mapa de ubicación de la parcela experimental



Nota. Elaborado a partir de google earth e Instituto Geográfico Nacional (2025).

5.1.4. Ubicación hidrológica

Según el Autoridad Nacional del Agua ANA (2023) San Jerónimo se ubica en la cabecera de la sub cuenca de Chumbao, donde están ubicado las principales lagunas y que dan origen al río Chumbao.

- ✓ Vertiente : Atlántico (Amazonas).
- ✓ Cuenca : Pampas.
- ✓ Sub Cuenca : Chumbao.
- ✓ Ámbito local : San Jerónimo.

5.1.5. Ubicación ecológica

Según el mapa nacional de ecosistemas Ministerio del Ambiente del Perú MINAM (2019), el distrito de San Jerónimo forma parte de la región andina y se encuentra dentro de la zona de vida del páramo andino, caracterizada por una vegetación de ichu (*Stipa ichu*), quishuar (*Buddleja coriacea*) y eucalipto, además de fauna como zorros andinos y aves altoandinas.

5.2. Nivel y tipo de investigación

5.2.1. Nivel de investigación

La investigación es de tipo aplicada y tiene un enfoque experimental, ya que analiza el efecto de inóculos nativos de *Rhizobium spp.* sobre el desarrollo vegetativo, simbiótico y productivo de variedades de tarwi, permitiendo establecer relaciones de causa y efecto.

5.2.2. Tipo de investigación

Tipo experimental con un enfoque cuantitativo, al basarse en la recolección y análisis de datos numéricos para explicar el efecto de los inóculos de cepas nativas de *Rhizobium spp.* sobre el desarrollo vegetativo, simbiótico y productivo de variedades de tarwi.

5.3. Diseño de la investigación

5.3.1. Diseño experimental

Se realizó el diseño estadístico usando el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), que consistió en 4 tratamientos con 4 bloques.

Donde:

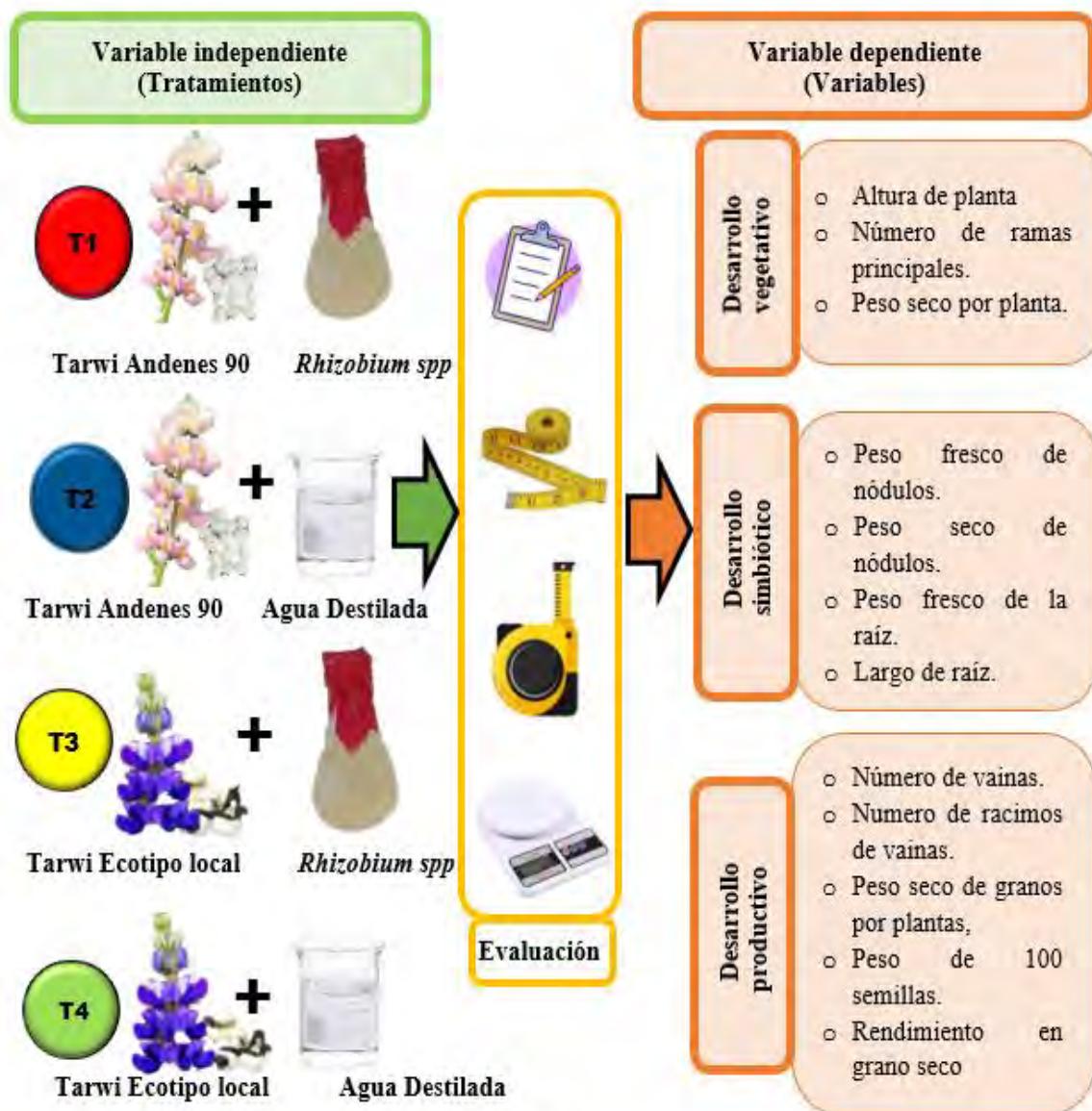
$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- ✓ Y_{ijk} : La respuesta observada.
- ✓ μ : Media general.
- ✓ T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento.
- ✓ B_j : Efecto del j -ésimo bloque
- ✓ ϵ_{ijk} : Error aleatorio.

Figura 8

Esquema del diseño experimental de la investigación



5.3.2. Tratamientos

Figura 9

Croquis experimental

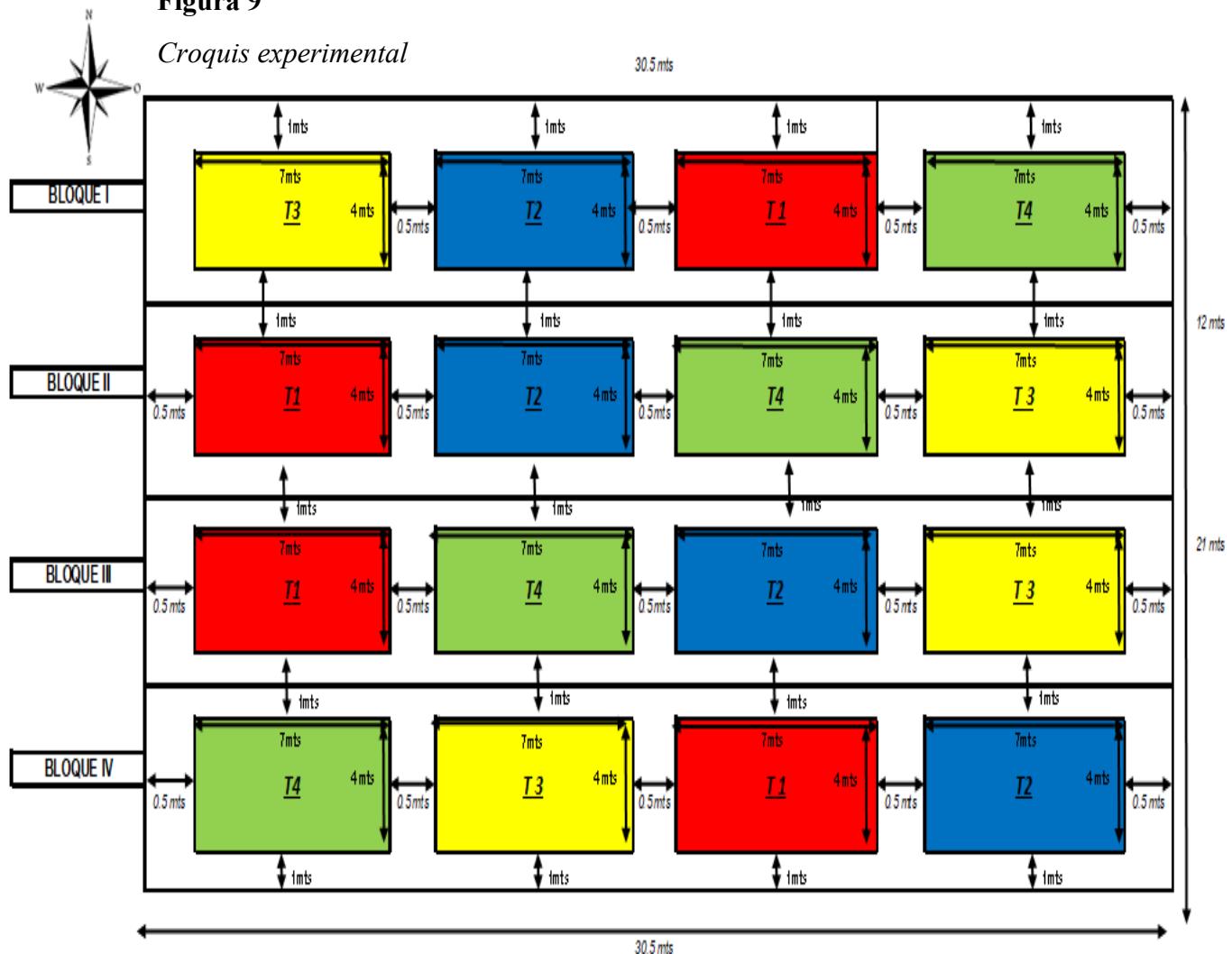


Tabla 4

Distribución de tratamientos

Nº	Tratamientos	Descripción del tratamiento	Aplicación
01	T1	Tarwi variedad Andenes 90 con el inóculo <i>Rhizobium sp.</i> nativo	3 ml (inóculo de <i>Rhizobium</i> nativo de 1×10^{10} bac/ml por golpe)
02	T2	Tarwi variedad Andenes 90 sin inóculos <i>Rhizobium sp.</i>	Sin inóculos.
03	T3	Tarwi ecotipo local con el inóculo <i>Rhizobium sp</i> nativo	3 ml (inóculo de <i>Rhizobium</i> nativo de 1×10^{10} bac/ml por golpe)
04	T4	Tarwi ecotipo local sin inóculos de <i>Rhizobium sp.</i>	Sin inóculos.

5.4. Variables de la investigación

5.4.1. Variables dependientes

Las variables dependientes son:

- El desarrollo vegetativo de las dos variedades de tarwi con el uso de cepas de *Rhizobium spp.* en el distrito de San Jerónimo.
- El desarrollo simbiótico de las dos variedades del tarwi con el uso de cepas nativas de *Rhizobium spp.* en el distrito de San Jerónimo.
- El desarrollo productivo del tarwi con las dos variedades del tarwi con el uso de cepas nativas de *Rhizobium spp.* en el distrito de San Jerónimo.

5.4.2. Variable independiente

Las variables independientes de la investigación son los tratamientos que son:

- T1: Tarwi variedad Andenes 90 con el inóculo *Rhizobium spp.* nativo.
- T2: Tarwi variedad Andenes 90 sin inóculos.
- T3: Tarwi ecotipo local con el inóculo *Rhizobium spp.* nativo.
- T4: Tarwi ecotipo local sin inóculos.

5.5. Indicadores.

5.5.1. Indicadores a evaluar

Tabla 5

Indicadores de evaluación

Nº	Indicadores generales	Indicadores específicos	Medida
01		Altura de planta	Centímetros
02	Desarrollo vegetativo	Número de ramas principales	Unidades
03		Peso seco por planta	Gramos
04		Peso fresco de nódulos	Gramos
05	Desarrollo simbiótico	Peso seco de nódulos	Gramos
06		Peso fresco de la raíz	Gramos
07		Largo de raíz	Centímetros

Nº	Indicadores generales	Indicadores específicos	Medida
08		Número de vainas	Unidades
09		Número de racimos de vainas	Unidades
10	Desarrollo productivo	Peso de 100 semillas	Gramos
11		Peso seco de granos por plantas	Gramos
12		Rendimiento en grano seco (kg/ha)	Kg/ha

5.6. Población y muestra.

5.6.1. Población total

La población de estudio se distribuyó en promedio de 137 plantas por unidad experimental, teniendo 4 bloques y 4 tratamientos se tiene los siguientes valores:

- Plantas por tratamientos : 137 unidades.
- Plantas totales por bloques : 548 unidades.
- Plantas totales por experimento : 2,192 unidades.

Las unidades experimentales tienen en promedio 25 m², de medidas de 7.60 metros de largo y 3.30 metros de ancho, distanciamiento para los surcos es de 80 cm teniendo 4 surcos y distanciamiento de plantas de 40 cm y usando 3 semillas por golpe.

5.6.2. Población muestra

Se evaluaron 160 plantas, distribuidas en 10 por tratamiento evaluado, empleando el método de muestreo por conveniencia. Este tipo de muestreo no probabilístico se utilizó con el propósito de seleccionar muestras homogéneas y minimizar la influencia de factores externos no controlados.

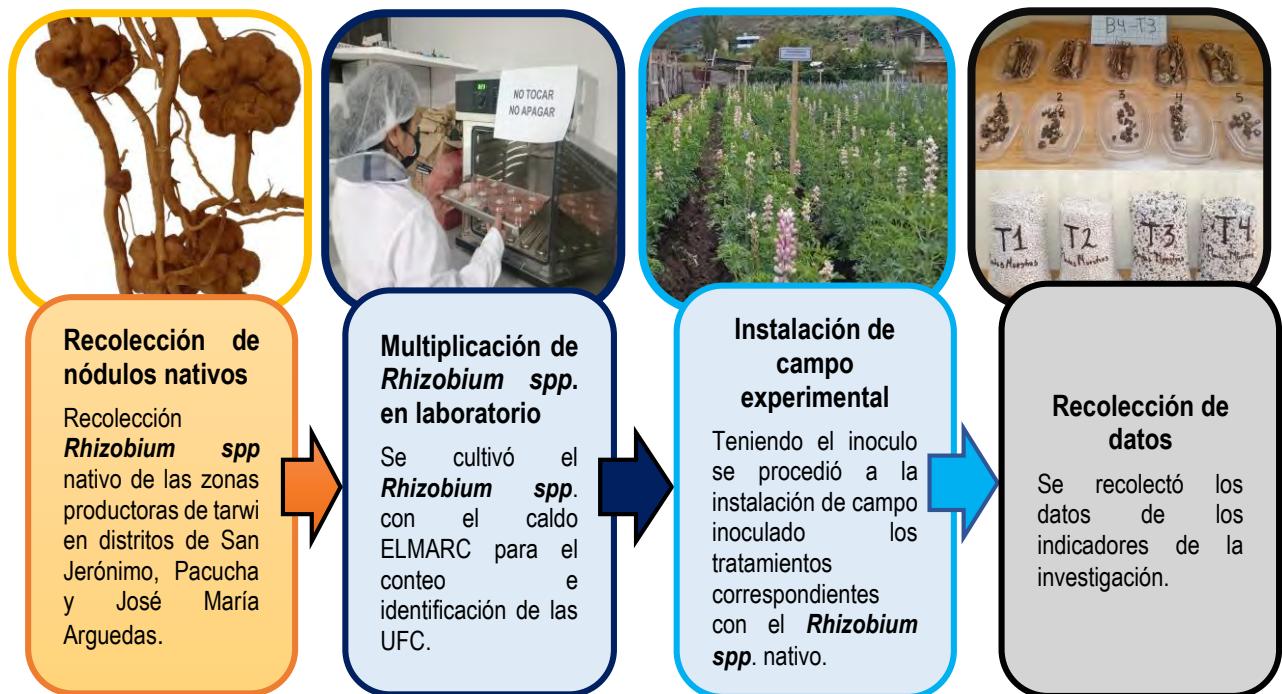
5.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

5.7.1. Conducción del experimento

El experimento inicio con la recolección de muestras de nódulos de las zonas productoras de tarwi y finalizo en la cosecha y se recolecto los indicadores de evaluación del experimento.

Figura 10

Esquema de conducción del experimento



5.7.1.1. Recolección de muestras de los *Rhizobium spp.*

La investigación utilizó como referencia el estudio de López Alcocer (2017). Y de la misma manera se realizó el procedimiento de recolección comenzando con la extracción de raíces de diversas plantas que se encontraban en la etapa de floración a madurez fisiológica, con nódulos frescos, a una profundidad promedio de 20 cm. Posteriormente, las muestras fueron etiquetadas y georreferenciadas.

Tabla 6

Coordenadas UTM de la ubicación de muestras recolectadas

Nº	Distrito	Localidad	Coordenadas UTM
01	San Jerónimo	Champoccocha	0686401.00 8488965.00
02	Pacucha	Pacucha	0680033.00 8493541.00
03	Andahuaylas	Huinchos - Pataccocha	0678890.00 8483672.00
04	Andahuaylas	Cceñuaran	0676791.00 8475383.00

Nota. Tomado de Google earth (2025).

Figura 11

Muestras recolectadas: (a) parte foliar del tarwi ;(b) raíces con nódulos.



5.7.1.2. Multiplicación de muestras de *Rhizobium spp.* para la investigación.

Se usó como referencia a López Alcocer (2017). Para realizar la multiplicación e inoculación de las semillas de tarwi.

Figura 12

Esquema de multiplicación de *Rhizobium spp* en laboratorio



Se realizó la limpieza de los nódulos de *Rhizobium spp*, en una solución jabonosa y se aplicó una solución de alcohol al 70 % para su desinfección durante 1 minuto, se enjuagaron con agua destilada y luego se usó una disolución de hipoclorito de sodio al 2% durante 3 minutos. Por último, se lavaron con agua destilada para eliminar exceso de hipoclorito de sodio.



Preparación de caldo cultivo

Se preparó el caldo de cultivo en dos matraz erlenmeyer de 250 ml con el “Yeast Mannitol Broth” de la marca comercial Hi-Media Laboratories y se esterilizó en el autoclave a 121 C° a 15 PSI en promedio de 15 min.

Incubación de
Rhizobium spp

Las muestras recolectadas se trituraron en el mortero de porcelana y se depositaron en dos matraz erlenmeyer con el caldo de cultivo ya preparado y se incubarán durante 5 días a 28 C° en el horno estufa, para realizar la multiplicación de las bacterias.



Dosificación de
inoculo

Se inició con la preparación del medio de cultivo, Posteriormente, se realizó la siembra de diferentes diluciones y las placas se incubaron durante cinco días. Transcurrido este periodo, se efectuó el conteo de unidades formadoras de colonia (UFC), determinándose una concentración del inoculante de 1×10^{10} bac/ml.



Tabla 7

Contenido del medio y caldo de cultivo

Nº	COMPOSICIÓN *	Caldo de cultivo	Medio de cultivo
		GMS/LITRO	
01	Magnesium sulphate	0.20	0.2
02	Dipotassium phosphate	0.50	0.5
03	Sodium chloride	0.10	0.1
04	Congo red	0.025	0.025
05	Yeast extract	1.0	1.0
06	Mannitol	10.0	10.0
07	Agar	---	20.0
08	Final pH (at 25°C)	6.8±0.2	6.8±0.2

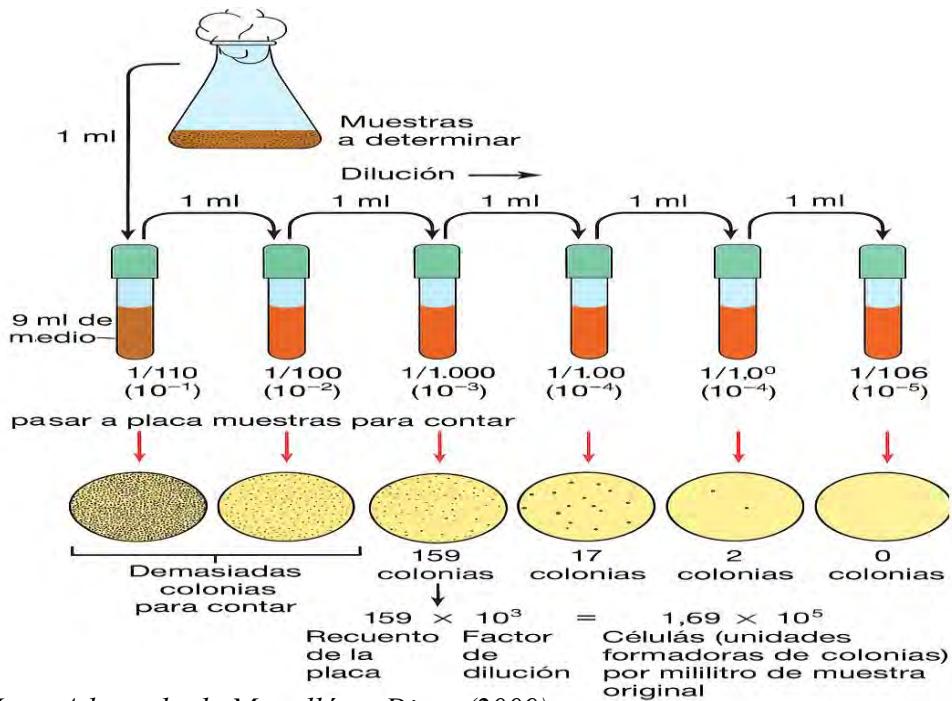
Nota. Tomado de Technical Data – Himedia / Yeast Mannitol Broth

5.7.1.3. Método de dilución para el conteo de unidades formadoras de colonia.

Para determinar la cantidad bacterias viables de la concentración se utilizó en método de diluciones para determinar la cantidad de unidad de formadoras de colonias (UFC)/mL mililitros, realizados hasta la dilución 5.

Figura 13

Procedimiento de diluciones



Nota. Adaptado de Magallón y Dion, (2009).

Tabla 8

Recuento de unidades formadoras de colonias (UFC).

Nº	DILUCION	CONTEO
01	Dilución 5	95.00
02	Dilución 5	114.00
03	Dilución 5	94.00

Para determinar la concentración de bacterias de las muestras se usó la siguiente fórmula:

$$Cns(UFC/mL) = \frac{Nº C. \times F.D.}{Vol.S.(mL)}$$

Donde:

- Cns (UFC/mL) = Concentración (UFC/mL).
- N° C. = Número de colonias contadas.
- F.D. = Factor de diluciones.
- Vol.S.(mL) = Volumen sembrado (mL).

Fuente: Magallón y Dion, (2009)

Por último, se realizó una mezcla en promedio de concentración de 1×10^{10} bac/ml para realizar la inoculación a las semillas de tarwi.

5.7.1.4. *Análisis de suelos*

Se efectuó un análisis de suelos en el área de investigación con el propósito de determinar la disponibilidad de macro y micronutrientes necesarios para el desarrollo del experimento.

Tabla 9

Resultados de análisis de suelos.

Nº	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
1	Fósforo P	mg/Kg	21.20
2	Potasio K	mg/Kg	50.00
3	Nitrógeno Total, N	mg/Kg	804.55
4	Hierro, Fe	mg/Kg	14.30
5	Zinc, Zn	mg/Kg	0.2
6	Cobre, Cu	mg/Kg	0.50
7	Manganoso, Mn	mg/Kg	38.05
8	Textura de suelo: Franco Areno Limoso		

Nota. Tomado de sistema de servicios y análisis químico S.A.C. SLAB.

5.7.1.5. *Preparación de la parcela experimental*

La actividad se llevó a cabo mediante la remoción del terreno utilizando un arado agrícola. Posteriormente, se realizó el desmenuzamiento de terrones y, seguidamente, la conformación de los surcos y la delimitación de los contornos de la parcela experimental de forma manual.

Figura 14

Preparación del terreno: (a) y (b) delimitación de bloques y tratamientos.



5.7.1.6. *Siembra y aplicación de los tratamientos.*

Esta actividad se realizó durante el mes de septiembre, aprovechando que la parcela experimental contaba con un sistema de riego propio. La inoculación se realizó directamente a las semillas, conforme al diseño establecido en el croquis (Figura 09), se efectuó una vez que se contó con la disponibilidad de los inóculos de *Rhizobium spp.*

Figura 15

Siembra de tratamientos: (a) inoculante liquido; (b) semillas inoculadas.



5.7.1.7. *Labores culturales.*

Con el cultivo establecido, se efectuaron labores agrícolas como el deshierbo, aporque y control fitosanitario, con el objetivo de reducir factores no deseados y asegurar uniformidad en la producción de tarwi.

Figura 16

Labores agrícolas del cultivo: (a) deshierbo; (b) aporque.



5.7.1.8. Limitaciones del estudio.

Se realizó la identificación de diversas plagas y enfermedades durante la etapa de producción del cultivo de tarwi. En las primeras fases fenológicas se detectó la presencia del gusano barrenador (*Apion* sp.), el cual fue controlado mediante la aplicación de insecticidas agrícolas. Posteriormente, debido al exceso de precipitaciones, se presentaron enfermedades de origen fúngico, destacando la “chupadera” (*Rhizoctonia* sp.), la roya (*Uromyces lupini*) y la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), que afectaron principalmente las hojas y tallos. Estas enfermedades fueron tratadas mediante el uso de fungicidas agrícolas específicos.

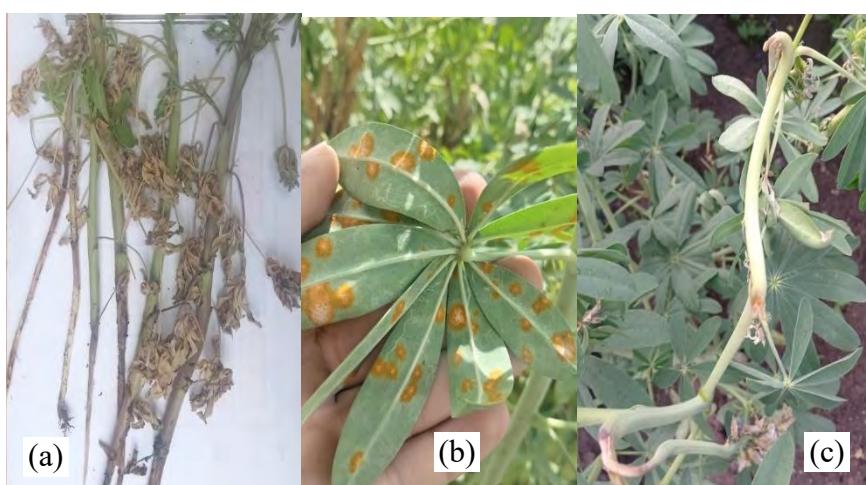
Figuras 17

Identificación del barrenador de tallo medio: (a) identificación de planta afectada; (b) identificación visual de la plaga.



Figuras 18

Identificación de enfermedades fúngicas: (a) “chupadera”; (b) “roya” y (c) antracnosis”.



5.7.1.9. *Toma de datos de la investigación*

La toma de datos se realizó de acuerdo a los planteado durante toda la etapa productiva, cosecha y post cosecha del tarwi según los indicadores de evaluación (Tabla N° 05).

Figura 19

Toma de datos del experimento: (a) medición de altura del tarwi; (b) conteo de numero de ramas principales.



Se evaluó la altura del cultivo de tarwi en un total de 160 plantas muestreadas, durante la etapa de crecimiento. Las mediciones se realizaron en siete etapas. Se observó que la variedad Andenes 90 es menos frondosa, frente ecotipo local de tarwi se distingue por su mayor frondosidad.

Figura 20

Cosecha de tratamientos: (a) cosecha en campo; (b) desvainado de tratamientos.



La cosecha se realizó al mes 7 y se observó que la ecotipo local de tarwi presenta un ciclo vegetativo más tardío y la variedad Andenes 90, que se caracteriza por su precocidad.

Figura 21

Cosecha de muestras: (a) plantas muestras; (b) racimos principales.



Se realizó la cosecha individual de las 160 plantas muestras, recolectando tanto las vainas principales como las laterales, y se procedió a registrar los indicadores de evaluación.

Figura 22

Cosecha de muestras: (a) número de vainas; (b) peso de plantas muestras.



Para evaluar la producción de vainas y granos, se cosecharon por separado el eje central, ramas principales y ramas secundarias. Se determinó que el 30.94 % de la producción correspondió a la primera floración, el 56.18 % a la segunda y el 12. 88 % a la tercera floración.

Figura 23

Secado del grano de tarwi: (a) secado solar; (b) medición de humedad.



Antes de proceder con el pesado, se realizó un secado al sol durante dos días, reduciendo la humedad a un promedio de 12,00 %, a fin de evitar problemas como la pudrición o el desarrollo de hongos.

Figura 24

Recolección de raíces: (a) recolección de raíces; (b) recolección de nódulos.



Para este indicador, se identificaron las plantas que, aún se encontraban en etapa de floración, para la recolección de raíces frescas. Durante la extracción de los nódulos, se observó que algunos se habían desprendido, quedando visibles las cicatrices en las raíces.

Figura 25

Pesado de plantas de tarwi: (a) peso de tratamientos; (b) peso de muestras



Una vez que los granos estuvieron secos y seleccionados, se procedió a realizar el pesado individual de cada una de las plantas muestradas correspondientes a los tratamientos.

Figura 26

Secado de nódulos de tarwi: deshidrato en estufa; (b) peso de muestras.



Se realizó un presecado al sol durante aproximadamente siete días, seguido del proceso de deshidratación de los nódulos en una estufa de secado. Para ello, se registró el peso inicial de las muestras y se insertaron en la estufa a una temperatura de 80 °C durante dos horas, con el objetivo de efectuar un secado rápido. Al finalizar, se verificó que no existieran variaciones entre el peso inicial y el peso posterior al secado, lo que permitió confirmar la deshidratación completa de los nódulos.

5.7.2. *Instrumentos de investigación.*

Tabla 10

Materiales biológicos

Nº	Materiales	Descripción / Uso
01	Tarwi ecotipo local	Semillas de ecotipo local.
02	Tarwi variedad Andenes 90	Semillas de variedad mejorada.
03	Nódulos de <i>Rhizobium spp.</i> (nativos)	Inóculo biológico de zonas locales

Tabla 11

Materiales y equipos de laboratorio

Nº	Materiales	Descripción / Uso
01	Alcohol etílico al 70 %, hipoclorito de sodio y Jabón	Materiales de desinfección
02	Caldo de cultivo Yeast Mannitol Broth y Medio de cultivo levadura manitol agar rojo Congo.	Medio selectivo para aislar y multiplicar <i>Rhizobium spp.</i>
03	Matraz Erlenmeyer, tubos de ensayos, varillas de vidrio, espátula Drigalski, gradillas, mortero de porcelana, micro pipetas, papel aluminio, mechero de alcohol, bolsa de polipropileno ignifuga y placas Petri.	Materiales para el manejo y preparación de los cultivos.
04	Balanza de precisión, Autoclave y horno estufa.	Equipos para la preparación y activación de medio y caldo de cultivo.

Tabla 12*Materiales de campo y gabinete*

Nº	Materiales	Descripción / Uso
01	Goteros y jeringas	Materiales para realizar la inoculación de semillas
02	Estacas, yeso, cordel, etiquetas, señaléticas y gigantografías.	Materiales para el acondicionado y señalización de bloques y tratamientos.
03	Libreta de campo, flexómetro, cámara fotográfica y GPS.	Materiales para la toma de datos y evidencias de campo.
04	Herramientas manuales (pico, rastrillos lampas), mochilas fumigadoras, tijeras de podar y productos agroquímicos.	Herramientas agrícolas para el manejo de parcelas experimental.
05	Costales, mantadas, bolsas de papel, bolsas de plástico y medidor de humedad.	Materiales para la cosecha y post cosecha.
06	Laptop e impresora	Equipos de gabinete.

5.8. Técnicas de procesamiento y análisis datos

Para el análisis e interpretación de los resultados de cada tratamiento, se utilizaron programas estadísticos como Infostat y Microsoft Excel. La redacción del informe de investigación se realizó empleando programas de procesamiento de texto y gráficos, como Microsoft Word y Excel.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Variables de desarrollo vegetativo.

6.1.1. Altura de planta

Tabla 13

Resultados de varianzas de diferentes mediciones de altura de planta.

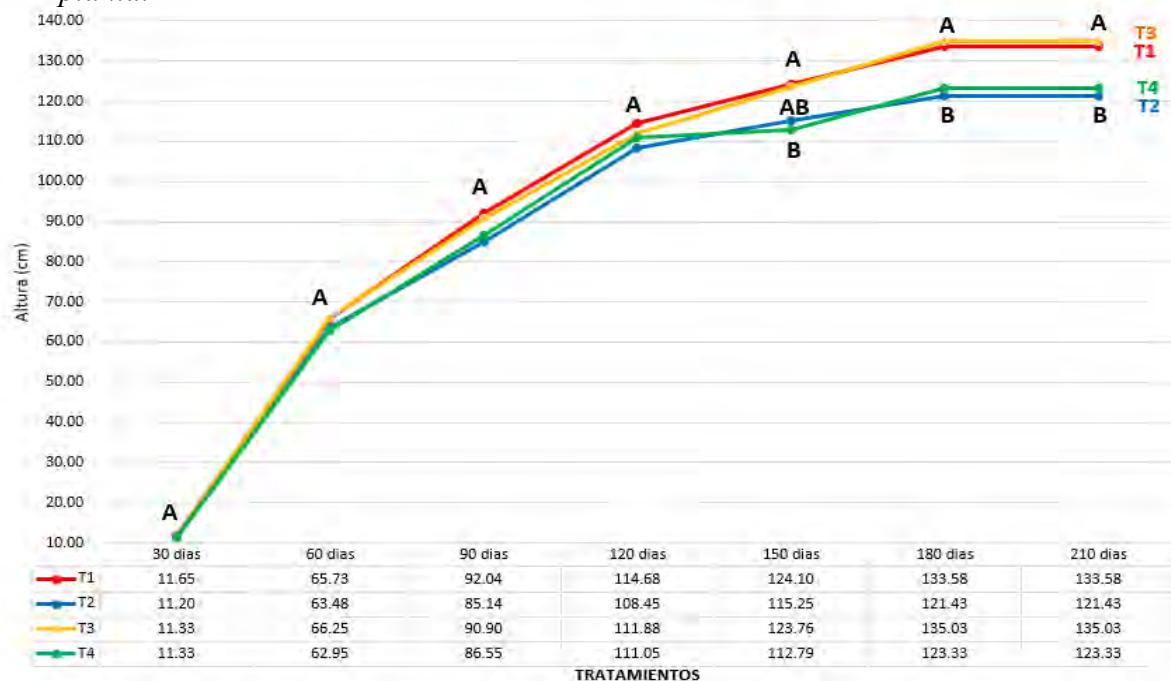
Nº	EVALUACION	F.CAL	P-VALOR	CV	R ²	R ² AJUS.	Sig. (p <0.05)
1	Medición 30	0.726	0.05619	3.3975	0.5731	0.2885	Ns
2	Medición 60	3.329	0.0702	2.7667	0.7252	0.5421	Ns
3	Medición 90	3.411	0.0665	4.0694	0.7278	0.5464	Ns
4	Medición 120	0.828	0.5110	5.0535	0.5456	0.2426	Ns
5	Medición 150	5.625	0.0189	4.1198	0.7178	0.5297	*
6	Medición 180	11.716	0.0018	3.4215	0.8469	0.7449	**
7	Medición 210	11.716	0.0018	3.4215	0.8469	0.7449	**

Se observan los resultados de la medición del cultivo de tarwi, realizadas durante un periodo de 7 meses, con evaluaciones cada 30 días desde la siembra hasta la cosecha. Se observó que el valor de F calculado fue mayor al F tabulado ($F_{tab} = 3.863$) en las mediciones realizadas a los 150 días, 180 días y 210 días, lo que indica diferencias significativas entre los tratamientos al nivel de confianza del 0.05. En comparación, con las evaluaciones realizadas a los días 30, días 60, días 90 y días 120, el valor de F calculado fue menor al F tabulado, por lo que no se encontraron diferencias significativas. Asimismo, el p - valor para las mediciones significativas de 150 días, 180 días y 210 días es menor al $p = 0.005$, confirmando la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados por ello, se rechaza la hipótesis nula.

Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) de las evaluaciones es menor al 10 %, lo que revela una baja variabilidad experimental. Finalmente, el coeficiente de determinación ajustado (R^2) para las evaluaciones significativas a los 150, 180 y 210 días muestra que el 52.97 %, 74.49 % y 74.49 % de la variación de la altura de planta se debe a la aplicación de *Rhizobium spp.*, mientras que el 47.03 %, 25.51 % y 25.51 % corresponde a otros factores no considerados en la investigación.

Figura 27

Grupos homogéneos según diferencias significativa honesta de Tukey, altura de planta.



Según la Figura 27, las evaluaciones realizadas durante los primeros 120 días no evidenciaron diferencias estadísticas significativas en la altura de las plantas de tarwi, ya que todos los tratamientos se agruparon dentro del mismo grupo homogéneo “A”, lo que indica un comportamiento similar en las etapas iniciales de desarrollo. No obstante, a partir de los 150 días se observaron diferencias crecientes entre los tratamientos, acentuándose en la evaluación a los 210 días. En esta última, los tratamientos T3 (ecotipo local de tarwi con *Rhizobium spp.*) y T1 (Andenes 90 con *Rhizobium spp.*) registraron las mayores alturas, con promedios de 135.03 cm y 133.58 cm, respectivamente, manteniéndose en el grupo homogéneo “A”. En contraste, T4 (ecotipo local de tarwi sin inóculo) y T2 (Andenes 90 sin inóculo) presentaron los valores más bajos, con 121.43 cm y 123.33 cm.

De acuerdo con los resultados obtenidos a los 210 días, se observa que los tratamientos T1 y T3, ambos inoculados con *Rhizobium spp.*, presentaron un incremento del 11.20 % en la altura de planta de tarwi en comparación con los tratamientos T4 y T2, que no recibieron inóculo. Estos resultados demuestran que el uso de *Rhizobium spp.* tiene un efecto positivo en

el crecimiento del tarwi, tanto en la ecotipo local de tarwi como en la variedad Andenes 90, estos resultados son consistentes con los hallazgos reportados por Lonazco (2022), quien evaluó la altura de plantas de tarwi mediante la aplicación de *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*, quien concluyó que el uso de estas cepas promueve el crecimiento del tarwi, registrando una altura promedio de 1.92 metros con el uso de *Bradyrhizobium* en el mejor tratamiento, frente a una altura promedio de 1.62 metros en el testigo absoluto. Estos datos respaldan y validan los resultados obtenidos en el presente estudio.

Asimismo, Taípe (2021) evaluó la altura del cultivo solamente hasta los 120 días, encontrando que los tratamientos con inóculos de *Bradyrhizobium* tuvo un efecto superior, alcanzando una altura promedio de 110.23 cm en comparación con 88.43 cm en el tratamiento testigo. Estos hallazgos refuerzan la evidencia de que el uso de inoculantes bacterianos tiene un impacto positivo en el crecimiento del tarwi, lo cual coincide con los resultados obtenidos en esta investigación.

6.1.2. Número de ramas principales

Tabla 14

Análisis de varianza de ramas principales

F. V	SC	GL	CM	F.CAL	F-TAB	
					0.05	0.01
TRATAMIENTO						
S	110.7875	3.0000	36.9292	36.7353	3.8625	6.9919
BLOQUES	1.3625	3.0000	0.4542	0.4518	3.8625	6.9919
Error	9.0475	9.0000	1.0053			
Total	121.1975	15.0000	8.0798			
P-Valor	0.00002					
CV	10.0389					
R ²	0.9253					
R ² Ajustado	0.8756					

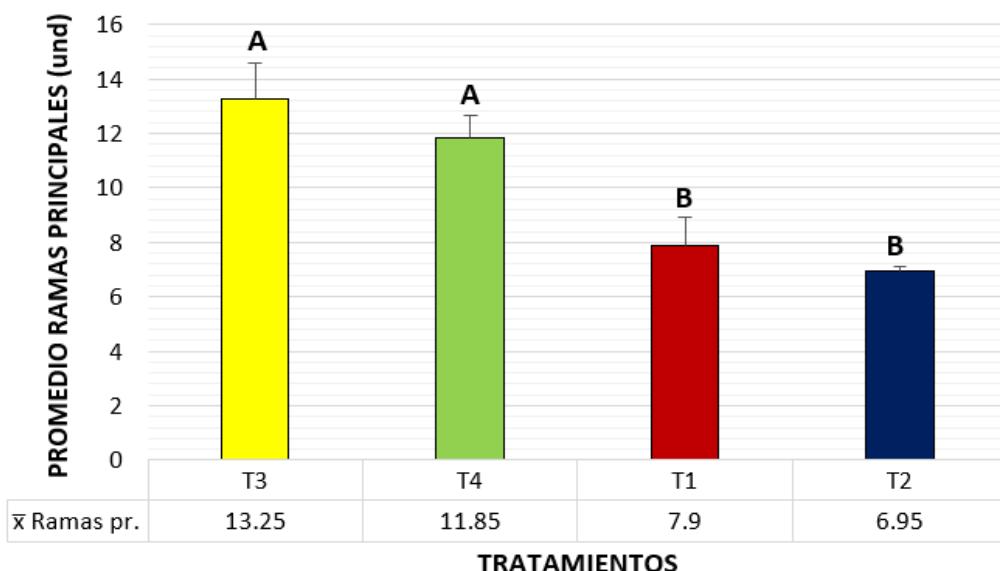
Se observa que el valor de F calculado (F-cal = 36.7353) es mayor que el de F tabulado (F-tab = 3.8625 al 0.05 de nivel de significancia); por tanto, es altamente significativo entre los tratamientos. Asimismo, el valor de p (p = 0.00002) es menor que 0.05 de nivel de confianza;

por ello, se rechaza la hipótesis nula, confirmando la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

Por otro lado, el coeficiente de variación ($CV = 10.0389$) revela una variabilidad moderada experimental. Finalmente, el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado = 0.9253) indica que el 92.53 % que la cantidad ramas principales de las variedades de tarwi (Ecotipo local y Andenes 90) se debe a la aplicación de *Rhizobium spp.*, y el 7.47 % se explica por otros factores no considerados dentro de la investigación.

Figura 28

Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta de Tukey de número de ramas principales.



Según la figura 28, el tratamiento T3 (ecotipo local de tarwi con inóculo de *Rhizobium spp.*) tiene un promedio de 13.25 de ramas principales, siendo el mejor tratamiento y pertenece al grupo homogéneo “A”. En cambio, el peor tratamiento es T2 (variedad Andenes 90 sin inóculo), con un promedio de 6.95 de ramas principales, perteneciente al grupo homogéneo “B”.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el tratamiento T3 (ecotipo local de tarwi con inóculo de *Rhizobium spp.*) presentó el mejor desempeño, mientras que el T2 (variedad Andenes 90 sin inóculo) mostró el valor más bajo. Esto evidencia que el uso de *Rhizobium spp.*

favorece el desarrollo de ramas principales, con un incremento del 11.81 % en la ecotipo local de tarwi y del 12.03 % en la variedad Andenes 90, en comparación con sus respectivos tratamientos sin inoculación

De manera similar, Mollinedo (2015) evaluó la cantidad de ramas principales y reportó que no hubo efectos significativos entre los tratamientos con aislados de *Rhizobium* y los tratamientos testigos. Se obtuvo un promedio de 2.90 ramas con los aislados, frente a 2.69 ramas en los tratamientos testigo. Este resultado podría deberse a que no se brindaron condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo de Tarwi.

Según Calle (2016), al evaluar de 150 entradas de tarwi del banco de germoplasma en la UNSAAC, ha concluido que, en promedio, una planta de tarwi presenta 7.28 tallos principales, los tallos son fundamentales para el rendimiento del Tarwi, ya que de ellos produce la segunda y tercera floración.

6.1.3. Peso seco de plantas

Tabla 15

Análisis de varianza de peso seco de plantas

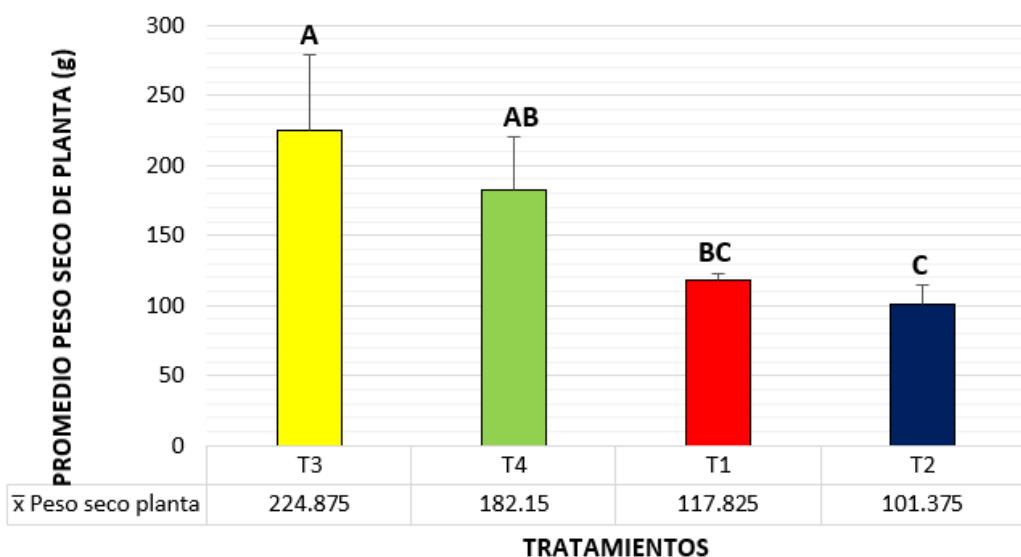
F. V	SC	GL	CM	F.CAL	F-TAB	
					0.05	0.01
TRATAMIENTOS	39470.287	3.000	13156.762	12.663	3.863	6.992
BLOQUES	4798.137	3.000	1599.379	1.539	3.863	6.992
Error	9351.096	9.000	1039.011			
Total	53619.519	15.000	3574.635			
P-Valor	0.001					
CV	20.589					
R ²	0.826					
R ² Ajustado	0.709					

Se observa que el valor de F calculado (F-cal = 12.663) es mayor que el de F tabulado (F-tab = 3.863 al 0.05 de nivel de significancia); por tanto, es altamente significativo entre los tratamientos. Asimismo, el valor de p (p = 0.001) es menor que 0.05 de nivel de confianza; por ello, se rechaza la hipótesis nula, confirmando la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

Por otro lado, el coeficiente de variación (CV = 20.589 %) indica una variabilidad experimental de nivel moderado. Asimismo, el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado = 0.709) señala que el 70.90 % de la variación observada en el peso seco de plantas entre los tratamientos se atribuye al efecto de la inoculación con *Rhizobium spp.*, mientras que el 29.10 % restante podría deberse a factores no contemplados en el presente estudio.

Figura 29

Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta de Tukey peso seco de plantas.



Según la figura 29, el tratamiento T3 (ecotipo local de tarwi con inóculo de *Rhizobium spp.*) tiene un promedio de 224.875 gramos de peso seco por planta, siendo el mejor tratamiento y pertenece al grupo homogéneo “A”. En cambio, el peor tratamiento es T2 (variedad Andenes 90 sin inóculo), con un promedio de 101.375 gramos de peso seco por plantas, perteneciente al grupo homogéneo “C”.

Esto evidencia que el uso de *Rhizobium spp.* favorece el desarrollo la formación de biomasa que es reflejada en el peso seco por plantas, con un incremento del 23.46 % en la ecotipo local de tarwi y del 16.23 % en la variedad Andenes 90, en comparación con sus respectivos tratamientos sin inoculación,

Lonazco (2022) evaluó el peso seco del follaje por planta (g) a los 120 días, considerando hojas y ramas donde, el tratamiento que incluyó la inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* presentó el mayor valor, con 203.28 gramos, en comparación con el testigo absoluto, que registró 115.9 gramos. Estos resultados respaldan el efecto positivo del uso de *Rhizobium spp.* en la formación de biomasa del tarwi.

De manera similar, Taípe (2021) evaluó el peso fresco del follaje por planta, donde el factor B (dosis de *Bradyrhizobium*) alcanzó un promedio de 0.78 kilogramos, superando al tratamiento testigo, que obtuvo 0.28 kilogramos. Estos hallazgos confirman la eficacia del inoculante en el incremento de la biomasa vegetal.

6.2. Variables de desarrollo simbiótico

6.2.1. Peso fresco de nódulos

Tabla 16

Análisis de varianza de peso fresco de nódulos.

F. V	SC	GL	CM	F.CAL	F-TAB	
					0.05	0.01
TRATAMIENTOS	31.560	3	10.520	14.981	3.863	6.992
BLOQUES	1.400	3	0.467	0.665	3.863	6.992
Error	6.320	9	0.702			
Total	39.280	15	2.619			
P-Valor	0.001					
CV	29.928					
R ²	0.839					
R ² Ajustado	0.732					

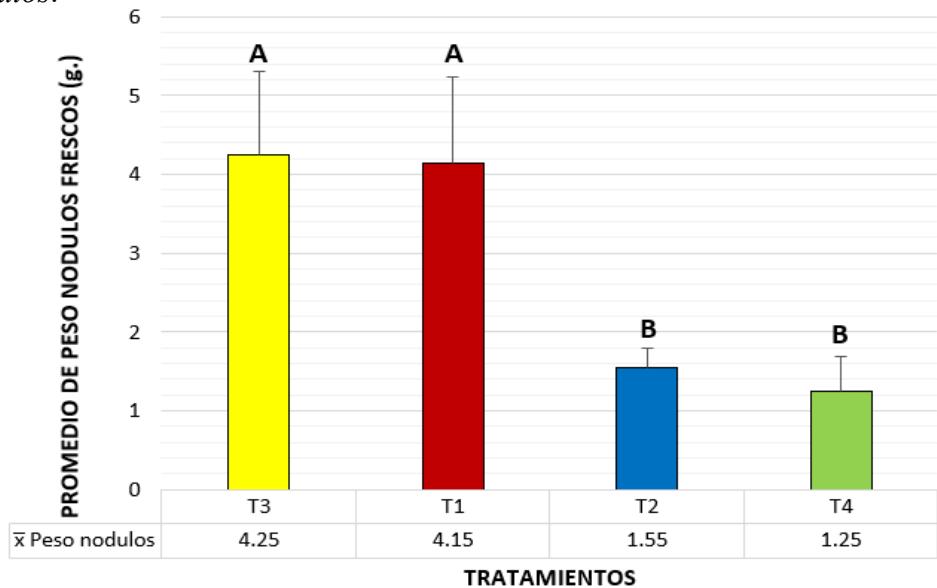
Se observa que el valor de F calculado (F-cal = 14.981) es mayor que el de F tabulado (F-tab = 3.8625 al 0.05 de nivel de significancia); por tanto, es altamente significativo entre los tratamientos. Asimismo, el valor de p (p = 0.001) es menor que 0.05 de nivel de confianza; por ello, se rechaza la hipótesis nula, confirmando la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

Por otro lado, el coeficiente de variación (CV = 29.98 %) indica una variabilidad experimental de nivel moderado. Asimismo, el coeficiente de determinación ajustado (R² ajustado = 0.732) señala que el 73.20 % de la variación observada en el peso fresco de los

nódulos entre los tratamientos se atribuye al efecto de la inoculación con *Rhizobium spp.*, mientras que el 26.80 % restante podría deberse a factores no contemplados en el presente estudio.

Figura 30

Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta del peso fresco de los nódulos.



Según la figura 30, el tratamiento T3 (ecotipo local de tarwi con inóculo de *Rhizobium spp.*) tiene un promedio de 4.25 gramos de peso fresco de nódulos, siendo el mejor tratamiento y pertenece al grupo homogéneo “A”. En cambio, el peor tratamiento es T4 (ecotipo local de tarwi sin inóculo), con un promedio de 1.25 gramos de peso fresco de nódulos, perteneciente al grupo homogéneo “B”.

Estos resultados evidencian que la inoculación con *Rhizobium spp.* favorece significativamente el desarrollo de nódulos en las raíces de tarwi, con un incremento promedio de 3 gramos en el peso fresco en comparativa con los tratamientos correspondientes que no recibieron inoculación.

De manera similar, Lonazco (2022) evaluó un indicador muy parecido que el peso seco de los nódulos en el cultivo de tarwi, observando que el tratamiento inoculado con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* registró el mayor valor, con 8.2 gramos, en contraste con el

testigo absoluto, que alcanzó 2.49 gramos. Estos resultados respaldan la eficacia del uso de *Rhizobium spp.* en la nodulación que es reflejado en peso.

Asimismo, Mollinedo (2015) analizó un indicador complementario de número de nódulos por planta. Donde se evidenció que los tratamientos inoculados con cepas aisladas de *Rhizobium* lograron hasta 9 nódulos por planta, mientras que los tratamientos testigo solo alcanzaron un promedio de 5 nódulos por planta. Estos hallazgos refuerzan la evidencia de que la inoculación con *Rhizobium spp.* contribuye de manera significativa al desarrollo nodular en las plantas de tarwi.

6.2.2. Peso seco de nódulos

Tabla 17

Análisis de varianza de peso seco de nódulos.

F. V	SC	GL	CM	F.CAL	F-TAB	
					0.05	0.01
TRATAMIENTOS	2.052	3	0.684	25.550	3.863	6.992
BLOQUES	0.011	3	0.004	0.141	3.863	6.992
Error	0.241	9	0.027			
Total	2.304	15	0.154			
P-Valor	0.0001					
CV	22.802					
R ²	0.895					
R ² Ajustado	0.826					

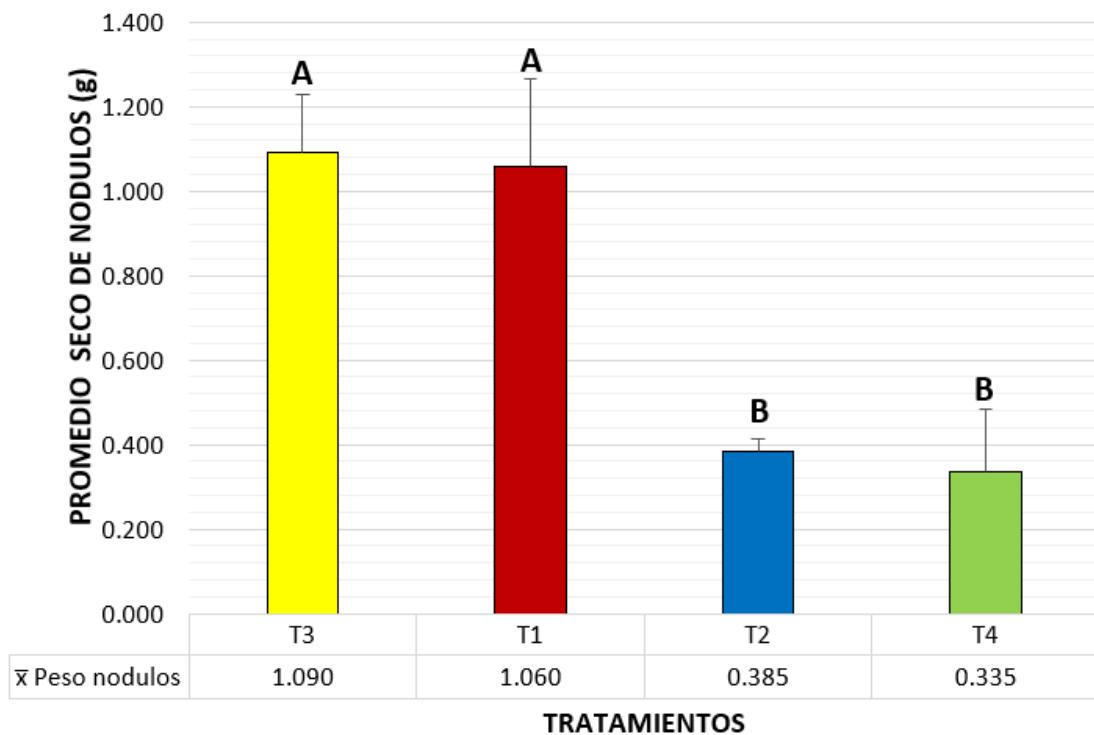
Se observa que el valor de F calculado (F-cal = 25.550) es mayor que el de F tabulado (F-tab = 3.863 al 0.05 de nivel de significancia); por tanto, es altamente significativo entre los tratamientos. Asimismo, el valor de p (p = 0. 0001) es menor que 0.05 de nivel de confianza; por ello, se rechaza la hipótesis nula, confirmando la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

Por otro lado, el coeficiente de variación (CV = 22.802 %) indica una variabilidad experimental de nivel moderado. Asimismo, el coeficiente de determinación ajustado (R² ajustado = 0.826) señala que el 82.60 % de la variación observada en el peso seco de los nódulos fue evaluado para establecer diferencias entre los tratamientos aplicados se atribuye al efecto

de la inoculación con *Rhizobium spp.*, mientras que el 17.40 % restante podría deberse a factores no contemplados en el presente estudio.

Figura 31

Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta del peso seco de los nódulos.



Según la figura 31, el tratamiento T3 (ecotipo local de tarwi con inóculo de *Rhizobium spp.*) tiene un promedio de 1.090 gramos de peso seco de nódulos, siendo el mejor tratamiento y pertenece al grupo homogéneo “A”. En cambio, el peor tratamiento es T4 (ecotipo local de tarwi sin inóculo), con un promedio de 0.335 gramos de peso seco de nódulos, perteneciente al grupo homogéneo “B”.

Estos resultados evidencian que los inóculos de *Rhizobium spp.* favorece significativamente el desarrollo de nódulos en las raíces de tarwi, con un incremento promedio de 0.75 gramos en peso seco en comparación con los tratamientos correspondientes que no recibieron inoculación.

De manera similar, Lonazco (2022) evaluó el peso seco de los nódulos radicales en tarwi, observando que los tratamientos inoculados con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*

alcanzaron el mayor valor, con 8.2 gramos, en comparación con el testigo absoluto, que registró solo 2.49 gramos. Estos resultados respaldan la eficacia del uso de *Rhizobium spp.* en la formación y desarrollo de nódulos, reflejada en el incremento del peso seco. Aunque los valores obtenidos del peso de los nódulos no son directamente comparables con los de la presente investigación, cabe señalar que la recolección de los nódulos se realizó en una etapa fenológica de madurez fisiológica, evidenciándose el desprendimiento de estos, como lo indicaban las cicatrices visibles en las raíces.

6.2.3. Peso fresco de la raíz.

Tabla 18

Análisis de varianza de peso fresco de la raíz.

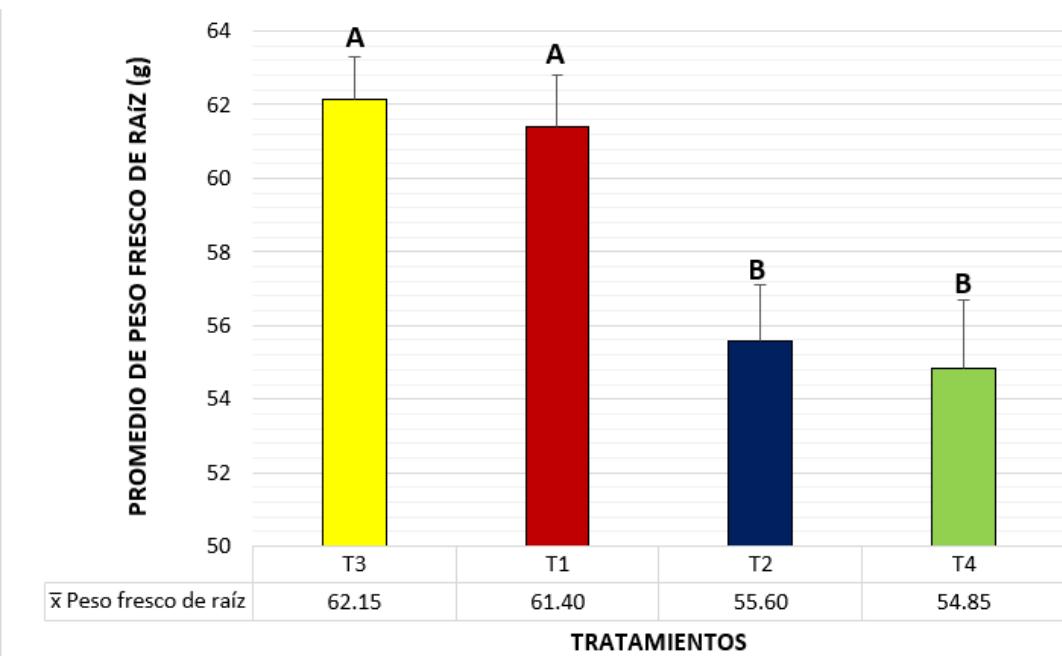
F. V	SC	GL	CM	F.CAL	F-TAB	
					0.05	0.01
TRATAMIENTOS	173.860	3	57.953	19.908	3.863	6.992
BLOQUES	0.740	3	0.247	0.085	3.863	6.992
Error	26.200	9	2.911			
Total	200.800	15	13.387			
P-Valor	0.0003					
CV	2.9166					
R ²	0.8695					
R ² Ajustado	0.7825					

Se observa que el valor de F calculado (F-cal = 19.908) es mayor que el de F tabulado (F-tab = 3.863 al 0.05 de nivel de significancia); por tanto, es altamente significativo entre los tratamientos. Asimismo, el valor de p (p = 0.0003) es menor que 0.05 de nivel de confianza; por ello, se rechaza la hipótesis nula, confirmando la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

Por otro lado, el coeficiente de variación (CV = 2.9166 %) indica una variabilidad experimental de muy baja. Asimismo, el coeficiente de determinación ajustado (R² ajustado = 0.7825) señala que el 78.25 % de la variación observada en el peso fresco de la raíz entre los tratamientos se atribuye al efecto de la inoculación con *Rhizobium spp.*, mientras que el 21.75 % restante podría deberse a factores no contemplados en el presente estudio.

Figura 32

Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta del peso fresco de la raíz.



Según la figura 32, el tratamiento T3 (ecotipo local de tarwi con inóculo de *Rhizobium spp.*) tiene un promedio de 62.15 gramos de peso fresco de raíz, siendo el mejor tratamiento y pertenece al grupo homogéneo “A”. En cambio, el peor tratamiento es T4 (ecotipo local de tarwi sin inóculo), con un promedio de 54.85 gramos de peso fresco de raíz, perteneciente al grupo homogéneo “B”.

Los resultados obtenidos evidencian que la inoculación con *Rhizobium spp.* favorece significativamente el desarrollo del sistema radical, lo que se evidencia en el aumento del peso registrado en el peso fresco de raíz en el cultivo de tarwi. En promedio, se registró un aumento del 13.31 % en comparación con el tratamiento que no recibió inoculación.

De manera similar, Lonazco (2022) evaluó el peso seco de raíz, reportando que el tratamiento con *Bradyrhizobium* alcanzó el valor más alto, con 17.02 gramos, frente a los 12.56 gramos obtenidos en el testigo absoluto. Estos resultados confirman la eficacia de *Rhizobium spp.*

Asimismo, Taípe (2021) analizó el peso fresco de raíz con nódulos, observando que los tratamientos inoculados con cepas de *Bradyrhizobium* registraron un promedio de 49.75 gramos, mientras que los tratamientos sin inoculación alcanzaron únicamente 19.75 gramos. Estos hallazgos fortalecen la evidencia de que el uso de *Rhizobium spp.* incide de manera significativa en la formación de nódulos y el crecimiento de la raíz de las plantas de tarwi.

6.2.4. *Largo de raíz*

Tabla 19

Análisis de varianza de largo de raíz.

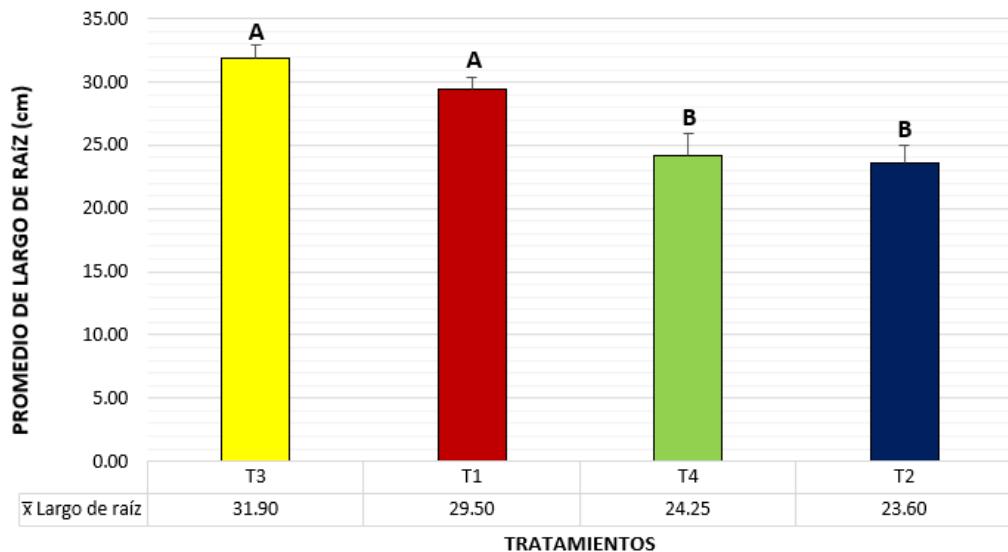
F. V	SC	GL	CM	F.CAL	F-TAB	
					0.05	0.01
TRATAMIENTOS	195.967	3	65.322	44.801	3.863	6.992
BLOQUES	6.987	3	2.329	1.597	3.863	6.992
Error	13.123	9	1.458			
Total	216.077	15	14.405			
P-Valor	0.00001					
CV	4.421					
R ²	0.939					
R ² Ajustado	0.899					

Se observa que el valor de F calculado (F-cal = 44.801) es mayor que el de F tabulado (F-tab = 3.8625 al 0.05 de nivel de significancia); por tanto, es altamente significativo entre los tratamientos. Asimismo, el valor de p (p = 0. 00001) es menor que 0.05 de nivel de confianza; por ello, se rechaza la hipótesis nula, confirmando la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

Por otro lado, el coeficiente de variación (CV = 4.421 %) indica una variabilidad experimental de nivel bajo. Asimismo, el coeficiente de determinación ajustado (R² ajustado = 0.899) señala que el 89.90 % de la variación observada en el largo de la raíz entre los tratamientos se atribuye al efecto de la inoculación con *Rhizobium spp.*, mientras que el 10.10 % restante podría deberse a factores no contemplados en el presente estudio.

Figura 33

Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta del largo de la raíz.



Según la figura 33, el tratamiento T3 (ecotipo local de tarwi con inóculo de *Rhizobium spp.*) tiene un promedio de 31.90 centímetros de largo, siendo el mejor tratamiento y pertenece al grupo homogéneo “A”. En cambio, el peor tratamiento es T2 (variedad Andenes 90 sin inóculo), con un promedio de 23.60 centímetros de largo, perteneciente al grupo homogéneo “B”.

Estos resultados indican que los inóculos de *Rhizobium spp.* favorece significativamente el desarrollo radicular en el tarwi, con un incremento promedio de 35.17 % en largo de la raíz del tarwi en comparación con los tratamientos que no recibieron inoculación.

De manera similar, Lonazco (2022) evaluó la longitud de raíz (cm) en el cultivo de tarwi, observando que el tratamiento inoculado con *Bradyrhizobium* registró el mayor valor, con 32.24 cm, en contraste con el testigo absoluto, que alcanzó solo 15.57 cm. Estos resultados respaldan la eficacia de la inoculación con *Rhizobium spp.*, cuya acción promotora de la nodulación se refleja en un mayor desarrollo del sistema radicular. Dichos resultados refuerzan la evidencia de que el uso de *Rhizobium spp.* contribuye significativamente al crecimiento radicular en el tarwi.

Por su parte, Mollinedo (2015) analizó variables complementarias como la longitud, peso y volumen de raíz. No obstante, los tratamientos no mostraron diferencias estadísticamente significativas evaluados. Esta ausencia de efectos puede atribuirse a limitaciones metodológicas, ya que el experimento se realizó en bolsas plásticas de 29×20 cm, lo cual posiblemente restringió el desarrollo radicular del cultivo de tarwi al no proporcionar un espacio adecuado para su crecimiento.

6.3. Variables del rendimiento productivo.

6.3.1. Número de vainas

Tabla 20

Análisis de varianza de número de vainas

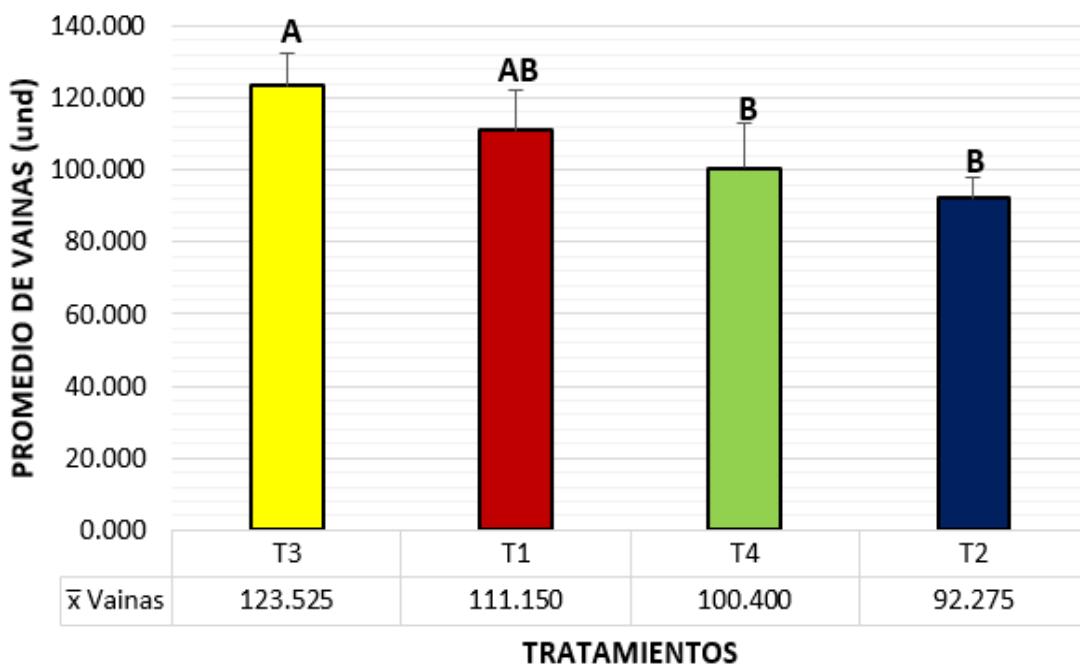
F. V	SC	GL	CM	F.CAL	F-TAB	
					0.05	0.01
TRATAMIENTOS	2202.3125	3	734.1042	9.5819	3.8625	6.9919
BLOQUES	503.0025	3	167.6675	2.1885	3.8625	6.9919
Error	689.5225	9	76.6136			
Total	3394.8375	15	226.3225			
P-Valor	0.0037					
CV	8.1927					
R ²	0.7969					
R ² Ajustado	0.6615					

Se observa que el valor de F calculado ($F\text{-cal} = 9.5819$) es mayor que el de F tabulado ($F\text{-tab} = 3.8625$ al 0.05 de nivel de significancia); por tanto, es altamente significativo entre los tratamientos. Asimismo, el valor de p ($p = 0.0037$) es menor que 0.05 de nivel de confianza; por ello, se rechaza la hipótesis nula, confirmando la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

Por otro lado, el coeficiente de variación ($CV = 8.1927$) revela una baja variabilidad experimental. Finalmente, el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado = 0.6615) indica que el 66.15 % que la cantidad de vainas de las dos variedades de tarwi (Ecotipo local y Andenes 90) se debe a la aplicación de *Rhizobium spp.*, y el 33.85 % se explica por otros factores no considerados dentro de la investigación.

Figura 34

Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta de Tukey, en número de vainas



Según la figura 34, el tratamiento T3 (ecotipo local de tarwi con inóculo de *Rhizobium spp.*) tiene un promedio de 123.53 vainas, siendo el mejor tratamiento y pertenece al grupo homogéneo “A”. En cambio, el peor tratamiento es T2 (variedad Andenes 90 sin inóculo), con un promedio de 92.28 vainas, perteneciente al grupo homogéneo “B”.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los tratamientos T1 y T3, ambos con inoculación de *Rhizobium spp.*, promovieron un incremento significativo en la cantidad de vainas producidas. En particular, la ecotipo local de tarwi de tarwi mostró un aumento del 11,14 %, mientras que la variedad Andenes 90, alcanzó una mejora del 8,80 % en comparación con los tratamientos sin inoculación. Este resultado evidencia que el uso de cepas nativas de *Rhizobium spp.* favorece el desarrollo productivo del tarwi, incrementando la producción de vainas. asimismo, según Taípe (2021), se observaron efectos positivos del uso de *Bradyrhizobium* en la formación de vainas, tanto en el eje central como en el eje lateral de la planta, incrementando el promedio total de vainas de 18.54 a 22.69.

De la misma forma, Mollinedo (2015) evaluó la cantidad de vainas producidas con inoculantes aislados de *Rhizobium*, en condiciones de invernadero y uso de bolsas plásticas reportando un promedio de 12 vainas por planta, en comparación con las 6 vainas observadas en los tratamientos testigos.

6.3.2. Número de racimos de vainas.

Tabla 21

Análisis de varianza de número de racimos de tarwi.

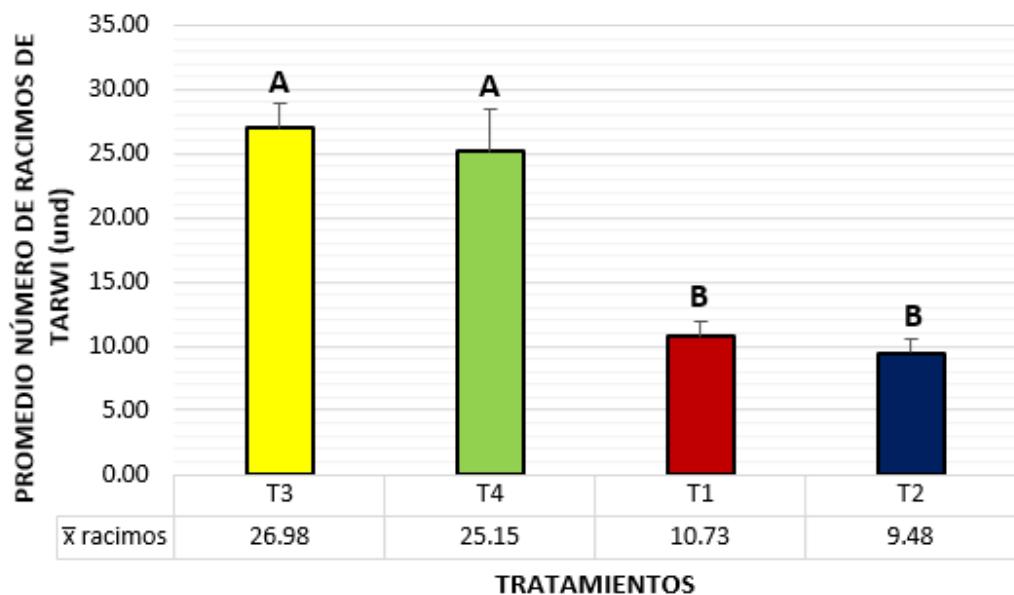
F. V	SC	GL	CM	F.CAL	F-TAB	
					0.05	0.01
TRATAMIENTO	1028.991					
S	9	3.0000	342.9973	81.6539	3.8625	6.9919
BLOQUES	15.8469	3.0000	5.2823	1.2575	3.8625	6.9919
Error	37.8056	9.0000	4.2006			
Total	1082.644	15.000				
	4	0	72.1763			
P-Valor	0.000001					
CV	11.3352					
R ²	0.9651					
R ² Ajustado	0.9418					

Se observa que el valor de F calculado (F-cal = 81.6539) es mayor que el de F tabulado (F-tab = 3.8625 al 0.05 de nivel de significancia); por tanto, es altamente significativo entre los tratamientos. Asimismo, el valor de p (p = 0.000001) es menor que 0.05 de nivel de confianza; por ello, se rechaza la hipótesis nula, confirmando la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

Analizando, el coeficiente de variación (CV=11.3352) revela una variabilidad moderada experimental. Por último, el coeficiente de determinación ajustado (R² ajustado = 0.9651) indica que el 96.51 % que la cantidad de racimos del tarwi de las variedades (Ecotipo local y Andenes 90) se debe por la aplicación de *Rhizobium spp.*, y el 3.49 % se explica por otros factores no considerados dentro de la investigación.

Figura 35

Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta de Tukey, de número de racimos de tarwi.



Se observa en la figura 35, el tratamiento T3 (ecotipo local de tarwi con inóculo de *Rhizobium spp.*) tiene un promedio de 26.98 de número de racimos, siendo el mejor tratamiento y pertenece al grupo homogéneo “A”. En cambio, el peor tratamiento es T2 (variedad Andenes 90 sin inóculo), con un promedio de 9.48 de número de racimos de tarwi, perteneciente al grupo homogéneo “B”.

Esto evidencia que el uso de *Rhizobium spp.* favorece de forma positiva en el desarrollo de racimos de tarwi, con un incremento del 7.26 % en la ecotipo local de tarwi y del 11.66 % en la variedad Andenes 90, en comparación con sus respectivos tratamientos sin inoculación.

Lonazco (2022) evaluó un indicador similar al número de racimos en tarwi, utilizando el número de inflorescencias por planta como variable. En su estudio, los tratamientos inoculados con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* alcanzaron promedios de 9 y 8 inflorescencias por planta, respectivamente, mientras que el testigo absoluto obtuvo un promedio de 6 inflorescencias. Estos resultados respaldan y validan los datos obtenidos en la presente investigación.

6.3.3. Peso de 100 semillas

Tabla 22

Analisis de varianza de peso de 100 semillas

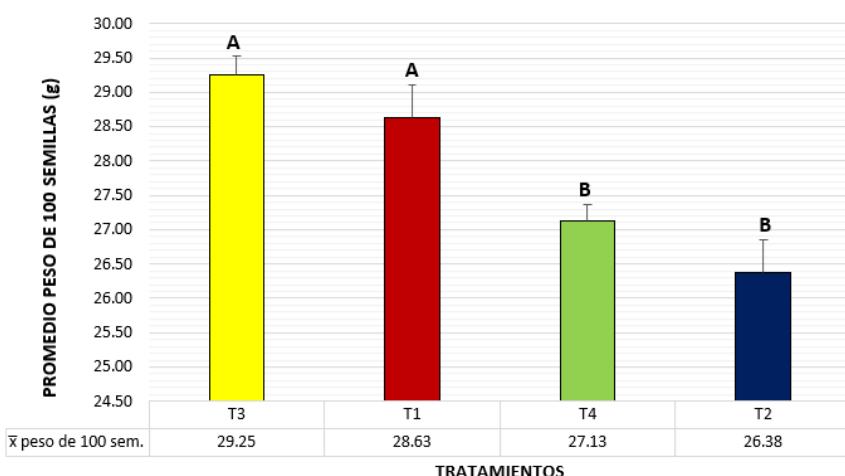
F. V	SC	GL	CM	F.CAL	F-TAB	
					0.05	0.01
TRATAMIENTOS	21.047	3	7.016	38.486	3.863	6.992
BLOQUES	0.172	3	0.057	0.314	3.863	6.992
Error	1.641	9	0.182			
Total	22.859	15	1.524			
P-Valor	0.00002					
CV	1.533					
R ²	0.928					
R ² Ajustado	0.880					

Se observa que el valor de F calculado (F-cal = 38.486) es mayor que el de F tabulado (F-tab = 3.863 al 0.05 de nivel de significancia); por tanto, es altamente significativo entre los tratamientos. Asimismo, el valor de p (p = 0.00002) es menor que 0.05 de nivel de confianza; por ello, se rechaza la hipótesis nula, confirmando la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

Por otro lado, el coeficiente de variación (CV = 1.533 %) indica una variabilidad muy baja. Asimismo, el coeficiente de determinación ajustado (R² ajustado = 0.880) señala que el 88.00 % de la variación registrada en el peso de 100 semillas entre los distintos tratamientos se atribuye al efecto de la inoculación con *Rhizobium spp.*, mientras que el 12.00 % restante podría deberse a factores no contemplados en el presente estudio.

Figura 36

Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta del peso de 100 semillas.



Según la figura 36, el tratamiento T3 (ecotipo local de tarwi con inóculo de *Rhizobium spp.*) tiene un promedio de 29.25 gramos de peso de 100 semillas, siendo el mejor tratamiento y pertenece al grupo homogéneo “A”. Y en comparación, el peor tratamiento es T2 (variedad Andenes 90 sin inóculo), con un promedio de 26.63 gramos de peso de 100 semillas, perteneciente al grupo homogéneo “B”.

Estos resultados evidencian que los inóculos de *Rhizobium spp.* favorece significativamente el peso de las semillas de tarwi, registrando un incremento promedio de 9.82 % en comparación con los tratamientos que no recibieron inoculación.

De manera similar, Lonazco (2022) evaluó el peso de 100 semillas (g) de tarwi, observando que el tratamiento inoculado con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* alcanzó el mayor valor, con 30.86 gramos, en contraste con el testigo absoluto, que obtuvo 21.84 gramos. Estos resultados respaldan la eficacia del uso de *Rhizobium spp.* en la mejora del peso de los granos de tarwi.

Asimismo, Taipe (2021) analizó el peso de 100 semillas, evidenciando que los tratamientos inoculados con cepas de *Bradyrhizobium* lograron un promedio de 29.53 gramos, mientras que los tratamientos testigo alcanzaron solo 26.27 gramos. Estos hallazgos refuerzan la evidencia de que los inóculos de *Rhizobium spp.* contribuye de manera significativa al incremento del peso de las semillas de tarwi.

6.3.4. Peso seco de granos por plantas

Tabla 23

Análisis de varianza de peso seco de granos por planta.

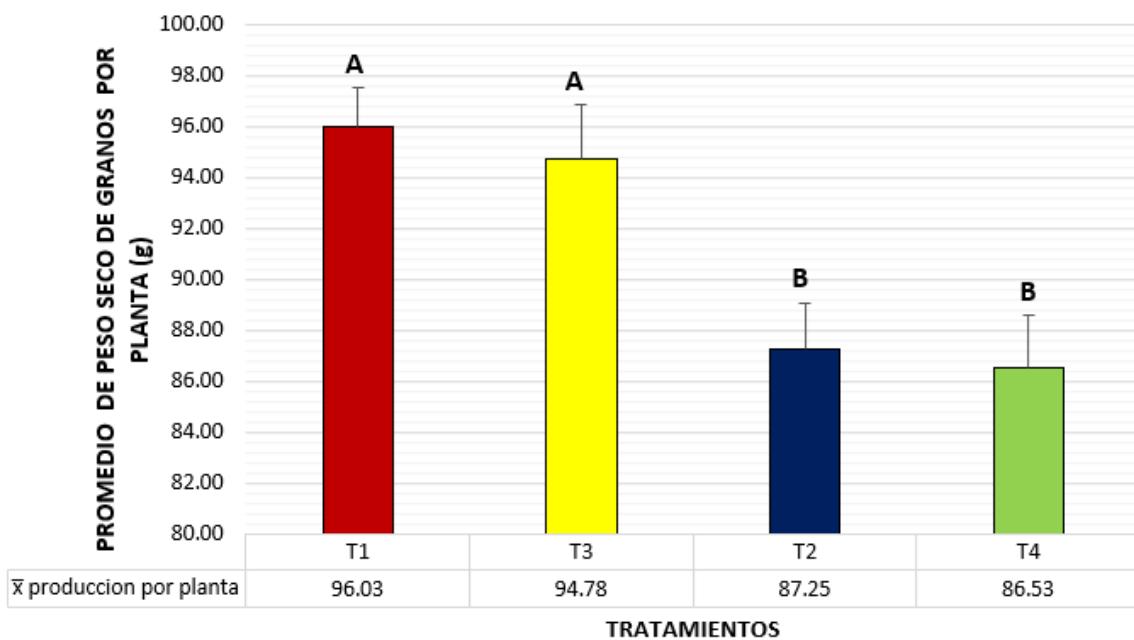
F. V	SC	GL	CM	F.CAL	F-TAB	
					0.05	0.01
TRATAMIENTOS	294.027	3	98.009	25.037	3.863	6.992
BLOQUES	2.362	3	0.787	0.201	3.863	6.992
Error	35.231	9	3.915			
Total	331.619	15	22.108			
P-Valor	0.0001					
CV	2.171					
R ²	0.894					
R ² Ajustado	0.823					

Se observa que el valor de F calculado ($F_{-cal} = 25.037$) es mayor que el de F tabulado ($F_{-tab} = 3.863$ al 0.05 de nivel de significancia); por tanto, es altamente significativo entre los tratamientos. Asimismo, el valor de p ($p = 0.0001$) es menor que 0.05 de nivel de confianza; por ello, se rechaza la hipótesis nula, confirmando la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

Por otro lado, el coeficiente de variación ($CV = 2.171\%$) indica una variabilidad experimental es muy baja. Asimismo, el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado = 0.823) señala que el 82.30 % de la variación observada en el peso seco de granos por planta entre los tratamientos se atribuye al efecto de la inoculación con *Rhizobium spp.*, mientras que el 17.70 % restante podría deberse a factores no contemplados en el presente estudio.

Figura 37

Grupos homogéneos según diferencia significativa honesta del peso seco granos por planta.



Según la figura 37, el tratamiento T1 (variedad Andenes 90 con inóculo de *Rhizobium spp.*) tiene un promedio de 96.03 gramos de peso seco de granos por plantas, siendo el mejor tratamiento y pertenece al grupo homogéneo “A”. En cambio, el peor tratamiento es T4

(ecotipo local de tarwi sin inóculo), con un promedio de 1.25 gramos de peso seco de granos por plantas, perteneciente al grupo homogéneo “B”.

Estos resultados evidencian que los inóculos de *Rhizobium spp.* favorece significativamente una mayor producción de granos de tarwi, reflejada en el incremento del peso promedio por planta. En efecto, se observó un aumento del 10.06 % en la variedad Andenes 90 y del 9.53 % en la ecotipo local de tarwi, en comparación con los tratamientos sin inoculación.

De manera similar, Lonazco (2022) evaluó el peso de grano seco por planta (g) en el cultivo de tarwi, observando que el tratamiento inoculado con *Bradyrhizobium* registró el mayor valor, con 34.35 gramos, en contraste con el testigo absoluto, que alcanzó 20.75 gramos. Estos resultados respaldan la efectividad del uso de *Rhizobium spp.* en el aumento significativo de la producción de granos en tarwi.

Asimismo, Taipe (2021) analizó el peso de semilla por planta, evidenciando que los tratamientos inoculados con *Bradyrhizobium* alcanzaron una producción de 43 gramos de semillas por planta, mientras que los tratamientos sin inoculación obtuvieron 35 gramos. Estos hallazgos refuerzan la evidencia de que los inóculos de *Rhizobium spp.* contribuye significativamente al incremento en la producción de granos de tarwi por planta.

6.3.5. Rendimiento en grano seco (kg/ha)

Tabla 24

Análisis de varianza de rendimiento en grano seco (kg/ha).

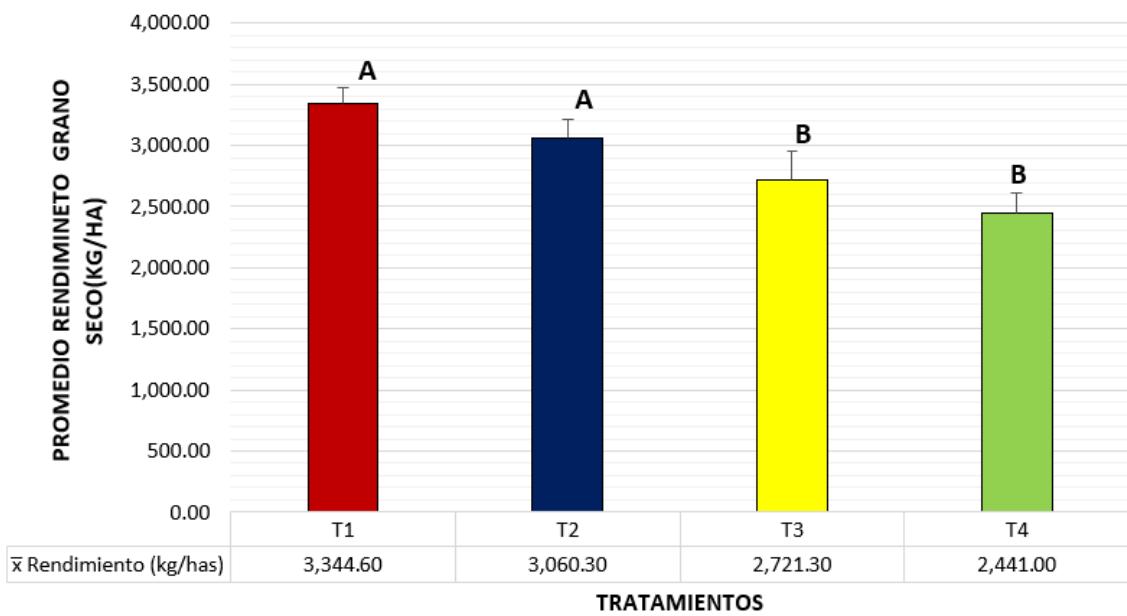
F. V	SC	GL	CM	F.CAL	F-TAB	
					0.05	0.01
TRATAMIENTOS	1862843.920	3	620947.973	26.589	3.863	6.992
BLOQUES	172868.240	3	57622.747	2.467	3.863	6.992
Error	210181.920	9	23353.547			
Total	2245894.080	15	149726.272			
P-Valor	0.0001					
CV	5.285					
R ²	0.906					
R ² Ajustado	0.844					

Se observa que el valor de F calculado ($F_{-cal} = 26.589$) es mayor que el de F tabulado ($F_{-tab} = 3.863$ al 0.05 de nivel de significancia); por tanto, es altamente significativo entre los tratamientos. Asimismo, el valor de p ($p = 0.0001$) es menor que 0.05 de nivel de confianza; por ello, se rechaza la hipótesis nula, confirmando la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

Por otro lado, el coeficiente de variación ($CV = 5.285\%$) indica una variabilidad muy baja. Asimismo, el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado = 0.844) señala que el 84.40 % de la variación observada del rendimiento en grano seco (kg/ha) entre los tratamientos se atribuye al efecto de la inoculación con *Rhizobium spp.*, mientras que el 15.60 % restante podría deberse a factores no contemplados en el presente estudio.

Figura 38

Grupos homogéneos según diferencia significativa honesto rendimiento de grano seco (kg/ha).



Según la figura 38, el tratamiento T1 (variedad Andenes 90 con inóculo de *Rhizobium spp.*) tiene un promedio de 3,344.60 kilogramos por hectárea de peso seco, siendo el mejor tratamiento y pertenece al grupo homogéneo “A”. Y en comparación, el peor tratamiento es T4

(ecotipo local de tarwi sin inóculo), con un promedio de 2,441.00 kilogramos por hectárea de peso seco, perteneciente al grupo homogéneo “B”.

Estos resultados evidencian que los inóculos de *Rhizobium spp.* favorecen significativamente el rendimiento de grano seco de tarwi, expresado en kilogramos por hectárea. Se registró un incremento promedio del 9.29 % en la variedad Andenes 90 y del 11.48 % en la ecotipo local de tarwi, en comparación con los tratamientos que no recibieron inoculación. Este aumento es considerado altamente significativo desde un enfoque productivo, dado que obedece específicamente a la acción de cepas nativas de *Rhizobium spp.*, independientemente de otros factores agronómicos. En términos productivos, esto representa un incremento de 280 kilos por hectárea.

De manera similar, Lonazco (2022) evaluó el rendimiento en grano seco (kg/ha) del tarwi, observando que el tratamiento inoculado con *Bradyrhizobium* alcanzó el mayor valor, con 2,254.01 de rendimiento en grano seco (kg/ha), en contraste con el testigo absoluto sin inóculos, que obtuvo 1,3613.17 rendimiento en grano seco (kg/ha). Estos resultados respaldan la eficacia del uso de *Rhizobium spp.* en la mejora el rendimiento del tarwi en grano seco (kg/ha)

Asimismo, Taipe (2021) analizó rendimiento de grano (kg/ha), evidenciando que los tratamientos inoculados con cepas de *Bradyrhizobium* lograron un promedio de 2,150.00 de kilogramos por hectáreas, mientras que los tratamientos testigo sin inóculos alcanzaron solo 1,756.25 kilogramos por hectáreas. Estos hallazgos refuerzan la evidencia de que los inóculos de *Rhizobium spp.* contribuye de manera significativa al incremento del peso de las semillas de tarwi.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones.

- ✓ Se concluye que las variables relacionadas al desarrollo vegetativo del cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis*), tales como la altura de planta, el número de ramas principales y el peso seco por planta, obtuvieron valores superiores en los tratamientos inoculados con cepas nativas de *Rhizobium spp*. En particular, sobresalieron el tratamiento T3 (ecotipo local de tarwi con inóculo) y el tratamiento T1 (variedad Andenes 90 con inóculo), en comparación con los tratamientos que no recibieron inoculación.
- ✓ Se concluye que las variables asociadas al desarrollo simbiótico del cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis*), como el peso fresco y seco de nódulos, el peso fresco de raíz y la longitud de raíz, mostraron resultados más favorables en los tratamientos con inoculación de cepas nativas de *Rhizobium spp*. En especial, destacaron los tratamientos T3 (ecotipo local de tarwi con inóculo) y T1 (variedad Andenes 90 con inóculo), lo que evidencia una simbiosis más eficaz frente a los tratamientos no inoculados.
- ✓ Se concluye que las variables correspondientes al desarrollo productivo del cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis*), como el número de vainas, número de racimos de vainas, peso de 100 semillas, peso seco de granos por planta y rendimiento en grano seco (kg/ha), alcanzaron mejores resultados en los tratamientos que recibieron inoculación con cepas nativas de *Rhizobium spp*. Sobresalieron el tratamiento T1 (variedad Andenes 90 con inóculo) y el tratamiento T3 (ecotipo local de tarwi con inóculo), registrándose incrementos significativos en el rendimiento de grano seco de 9.29 % y 11.48 %, respectivamente, en comparación con los tratamientos sin inoculación.

7.2. Recomendaciones.

- ✓ Se recomienda la aplicación de cepas nativas de *Rhizobium spp.*, junto con el uso de variedades mejoradas de tarwi (*Lupinus mutabilis*), como la variedad Andenes 90, con el objetivo de optimizar la producción y rentabilidad del cultivo.
- ✓ Se recomienda continuar con la investigación y uso de cepas nativas de *Rhizobium spp.*, con el objetivo de facilitar y validar un bioabono de fácil acceso para los productores de tarwi. Se sugiere explorar presentaciones como la inoculación líquida o sólida, a través de liofilizados de *Rhizobium spp.*, que puedan aplicarse directamente sobre semillas mejoradas.
- ✓ Se recomienda realizar investigaciones similares con otras especies de leguminosas de alto valor económico presentes en la zona, como el haba (*Vicia faba*) y diversas leguminosas forrajeras.
- ✓ Se sugiere socializar los hallazgos obtenidos en el presente estudio de investigación, con el propósito de promover el cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis*), debido a su notable capacidad de adaptación y su proyección de crecimiento en los mercados, tanto a nivel nacional como internacional.

VIII. REFERENCIAS

- Álvarez, G. (2013). *Evaluación del efecto de la inoculación de tres cepas de Rhizobium (Rhizobium leguminosarum) en arveja (Pisum sativum L) en el municipio de Patzicia, Chimaltenango.*
- Angiosperm Phylogeny Group. (2016). *An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of the Linnean Society.*
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2023). *Mapa de las vertientes, cuencas, subcuencas y microcuencas hidrográficas del Perú. Autoridad Nacional del Agua – MIDAGRI.* Recuperado de <https://geoportal.ana.gob.pe/visor/>
- Barney, V. E. (2011). *Biodiversidad y ecogeografía del género lupinus l.* Colombia.
- Cuna, M. (2011). “*Manual sobre producción y transformación básica de tarwi (Lupinus mutabilis, Sweet)*”, La semilla del futuro tarwi ecotipo Carabuco. Primera edición La Paz-Bolivia.
- Camarena M, (2012). *Revalorizacion de un cultivo subutilizado: Chochó o tarwi (Lupinus mutabilis Sweet)*. Primera Edicion. Universidad Nacional de Ciencia, Tecnología e InnovacionTecnologica CONCYTEC.
- Campaña, D. (2003). *Evaluación de tres cepas de Rhizobium etli bajo condiciones de campo y de ocho soportes de la bacteria para la producción de inoculantes en dos variedades de fréjol (Phaseolus vulgaris)*. Tesis. Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.,117 p.
- Carpio, M. (2014). *Caracterización morfológica y bioquímica de cepas de rizobios asociados a cultivos de arveja ,chocho ,fréjol y haba en suelos de la provincia de*

- Imbabura y obtención de un banco de depas.* Imbabura: Escuela Politécnica del Ejército , Departamento de Ciencias de la Vida. 165 p.
- Carrillo, D. (1989). *Inoculados e Inoculantes*. Estanción experimental DIPEX.
- Carrillo, E. (1956). *Revisión del género Lupinus en el Perú* . Arequipa- Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Changoluisa, J. (2022). *Evaluación de dos cepas (cotopaxi y tungurahua) de Rhizobium spp a dos dosis en el chocho (Lupinus mutabilis sweet) var. iniap-450 (Andino), Ceasa – Cotopaxi. 2021-2022*”. Latacunca - Ecuador.
- D'Haeze, W., y Holsters, M. (2002). *Nod factor structures, responses, and perception during initiation of nodule development*. *Glycobiology*. 12: 79R–105R.
- FAO. (2020). *La simbiosis entre rizobios y leguminosas: Un proceso esencial para la agricultura sostenible*. Obtenido de <https://kcenter.lallemandplantcare.com/pt-br/brazil-paraguay/proteja-seus-rendimentos/leguminosas-e-rizobios-combinacao-perfeita/>
- FAO. (2021). *El tarwi: Un cultivo andino con alto valor nutritivo y potencial para la seguridad alimentaria*.
- FAO. (2018). *El tarwi: Un cultivo andino con potencial para la seguridad alimentaria y la agricultura sostenible*.
- FAOSTAT. (2023). *Crops*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- García L. J. (2017). *Fundamentos de Microbiología Agrícola*.
- Google Earth. (2025). *Ubicación geográfica de la zona de estudio, distrito de San Jerónimo, Apurímac, Perú*. Google LLC. <https://earth.google.com/>
- Gonzales. E. (2018). *Efecto del biofertilizante azotobacter-rhizobium en tarwi (Lupinus mutabilis Sweet.)*, como alternativa a la fertilización química

Instituto Geográfico Nacional (IGN). (2023). *Mapa topográfico del Perú*. Lima, Perú: IGN.

Hirsch, A. (2001). *What makes the Rhizobia-legume symbiosis so special* *Plant Physiol.* San José, US:e.127:1484-1492.

Kuykendall, D. (2005). *Rhizobium*. Frank, 1889, 338. *Bergey's Manual of Systematic bacteriology*. Editorial Springer US. p. 325-340.

Lincoln, T., y Zeiger, E. (2017). *Fisiología Vegetal*.

Lonazco, K. M. (2022). *Co-inoculación con Bradyrhizobium y Azospirillum en el rendimiento y calidad de ecotipos de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet)*, *Llachoccmayo - Chiara, Ayacucho 2019*. Ayacucho.

López Alcocer, E., y Olalde Portugal, V. (2017). Caracterización morfológica y bioquímica de cepas de *Rhizobium* colectadas en frijol común silvestre y domesticado. *Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara*.

Mayhua Matamoros, F. (2012). *Adaptación y comparativo de rendimiento de la variedad Andenes 90 y siete líneas de Tarwi (Lupinus mutabilis) en condiciones de Pampachacra - Huancavelica*. Huancavelica: Facultad Agronomía.

Magallón, C., y Dion, P. (2009). *Importancia de los microorganismos promotores de crecimiento vegetal para los pequeños productores de Bolivia* (Curso práctico-teórico de microbiología agrícola; Protocolos 1–3, pp. 8–18 y 29–33). Université Laval; Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019). *Mapa nacional de ecosistemas del Perú: Memoria descriptiva*. Lima, Perú: MINAM.
https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/memoria_mapa_ecosistemas.pdf

Mollinedo, O. A. (2015). *Efecto de aislamientos de rhizobium obtenidos de plantas cultivadas (Lupinus mutabilis sweet) y silvestres (Lupinus spp.) sobre plantas de tarwi en condiciones de invernadero (Quipaquipani - La Paz)*. La Paz – Bolivia.

Mujica, S. Á. (2006). *Lupinus mutabilis (tarwi). Leguminosa andina con gran potencial industrial*. Fondo Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://fondoeditorial.unmsm.edu.pe>.

Olivares, J., y Barea, M. (1995). *Microorganismos del suelo en nutrición vegetal: simbiosis rhizobium-leguminosa y micorrizas VA*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Santiago: Biblioteca digital de la Universidad de Chile.

Strugaard, J. (2000). *Regulators and Regulation of legume root nodule development*. Plant. US.e. 124 p.

Taipe, A. R. (2021). *Evaluación del Efecto de Bradyrhizobium, en Rendimiento y Capacidad Simbiótica, en Dos Variedades de Tarwi (Lupinus mutabilis)*, en *Buenavista - Lircay*.

Taco-Tayne, N., y Zúñiga-Dávila, D. (2020). Efecto de la inoculación de plantas de Tarwi con cepas de *Bradyrhizobium spp.* aisladas de un lupino silvestre, en condiciones de invernadero. *Revista Peruana de Biología*. doi:<https://doi.org/10.15381/rpb.v27i1.17577>

Vidal, J. (2012). *Respuesta de la Simbiosis Tripartita Rhizobium-Leguminosa-Micorriza arbuscular ante Vanadio y Níquel*. Tesis Maestro en Ciencias. Texcoco: Colegio de Postgraduados Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. 154 p.

Walker, N. (1975). *Soil Microbiology*. United Kingdom, London: EN. Butterworths. 262 p.

IX. ANEXOS

9.1. Anexo A: Registro de campo

Indicador altura de planta (cm).

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 1							Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 2						
		Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06	Mes 07			Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06	Mes 07
P-01	Bloque I	10	65	91	104	112	120	120	P-01	Bloque I	12	61	85	121	121	122	122
P-02		10	53	75	99	105	106	106	P-02		10	51	71	99	100	102	102
P-03		10	58	71	99	102	102	102	P-03		10	62	73	96	100	105	105
P-04		10	63	75	91	100	102	102	P-04		10	63	68	94	96	98	98
P-05		10	63	75	105	105	108	108	P-05		9	63	70	98	99	100	100
P-06		11	62	87	106	115	125	125	P-06		11	56	78	110	111	112	112
P-07		12	65	91	106	120	130	130	P-07		12	67	94	117	126	135	135
P-08		10	63	71	95	100	102	102	P-08		10	63	77	96	103	110	110
P-09		10	60	84	96	100	110	110	P-09		9	63	67	92	94	96	96
P-10		11	61	85	101	112	122	122	P-10		10	50	70	97	98	100	100
P-01	Bloque II	11	58	80	112	112	115	115	P-01	Bloque II	12	65	91	116	123	130	130
P-02		12	65	91	118	125	130	130	P-02		11	57	80	112	113	115	115
P-03		12	60	84	118	120	120	120	P-03		11	60	85	115	115	115	115
P-04		12	75	105	110	115	130	130	P-04		12	60	84	118	119	120	120
P-05		11	70	98	120	125	130	130	P-05		11	57	80	114	114	115	115
P-06		12	62	87	121	125	125	125	P-06		13	62	57	125	125	125	125
P-07		12	60	84	118	120	120	120	P-07		13	65	91	119	124	130	130
P-08		12	66	89	116	120	120	120	P-08		10	70	98	125	132	140	140
P-09		12	60	84	119	120	120	120	P-09		12	78	110	133	144	145	145
P-10		12	61	86	117	120	123	123	P-10		13	67	94	114	124	135	135
P-01	Bloque III	10	52	73	99	100	105	105	P-01	Bloque III	10	63	70	99	100	100	100
P-02		13	65	91	115	125	130	130	P-02		12	72	101	105	125	145	145
P-03		9	60	84	116	120	120	120	P-03		11	55	80	111	113	115	115
P-04		9	65	91	110	125	130	130	P-04		12	70	98	102	121	140	140
P-05		12	61	85	119	120	122	122	P-05		11	65	91	100	115	130	130
P-06		12	57	80	113	115	115	115	P-06		12	63	88	111	118	126	126
P-07		12	65	91	121	125	130	130	P-07		12	67	93	104	119	134	134
P-08		13	69	96	112	125	128	128	P-08		13	66	93	123	128	133	133
P-09		12	75	105	88	120	125	125	P-09		11	65	91	100	115	130	130
P-10		13	63	88	114	120	127	127	P-10		10	63	70	98	99	100	100
P-01	Bloque IV	11	68	95	131	135	137	137	P-01	Bloque IV	10	56	78.4	95	103	112	112
P-02		12	64	89	120	125	128	128	P-02		14	78	109	110	125	130	130
P-03		13	67	90	124	130	134	134	P-03		13	70	98	123	131	140	140
P-04		12	64	89	126	128	128	128	P-04		10	65	91	107	118	130	130
P-05		12	72	100	120	125	130	130	P-05		10	75	105	113	131	150	150
P-06		10	52	73	96	100	105	105	P-06		12	63	87	114	119	125	125
P-07		11	60	84	108	115	120	120	P-07		10	52	72	101	102	104	104
P-08		11	58	81	103	110	116	116	P-08		13	75	105	104	127	130	130
P-09		12	65	91	119	125	130	130	P-09		10	52	73	97	101	105	105
P-10		12	66	93	117	125	133	133	P-10		11	64	89	110	119	128	128

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 3						
		Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06	Mes 07
P-01	Bloque I	10	80	100	134	147	160	160
P-02		10	63	88	120	123	126	126
P-03		12	65	91	108	119	130	130
P-04		10	75	105	113	131	150	150
P-05		12	60	84	111	115	120	120
P-06		11	66	89	94	125	130	130
P-07		13	70	98	124	132	140	140
P-08		13	65	91	116	123	130	130
P-09		10	58	80	89	125	130	130
P-10		10	58	94	120	127	135	135
P-01	Bloque II	10	70	98	121	130	140	140
P-02		11	53	72	105	105	130	130
P-03		11	60	84	106	113	120	120
P-04		10	58	81	90	122	130	130
P-05		12	65	91	106	118	130	130
P-06		11	64	89	101	114	128	128
P-07		12	65	91	110	120	130	130
P-08		11	69	100	98	114	130	130
P-09		11	60	84	97	108	120	120
P-10		10	58	95	127	131	135	135
P-01	Bloque III	12	65	91	105	117	130	130
P-02		12	65	91	112	121	130	130
P-03		12	65	91	115	122	130	130
P-04		10	70	98	119	129	140	140
P-05		10	66	95	129	134	140	140
P-06		10	85	98	110	125	140	140
P-07		12	65	10	110	120	130	130
P-08		14	60	100	124	134	145	145
P-09		10	70	98	110	125	140	140
P-10		12	65	91	102	116	130	130
P-01	Bloque IV	11	57	80	113	114	130	130
P-02		12	62	87	116	120.	125	125
P-03		12	60	84	116	118	120	120
P-04		10	72	100	126	135	145	145
P-05		13	75	105	111	130	150	150
P-06		13	75	105	106	128	150	150
P-07		12	61	85	113	117	122	122
P-08		13	70	98	113	126	140	140
P-09		13	75	105	122	136	150	150
P-10		10	85	119	113	141	170	170

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 4						
		Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06	Mes 07
P-01	Bloque I	10	55	77	97	125	135	135
P-02		12	60	84	111	115	120	120
P-03		10	55	77	84	120	130	130
P-04		11	60	84	108	114	120	120
P-05		12	65	91	112	121	130	130
P-06		12	60	84	109	114	120	120
P-07		12	65	91	111	120	130	130
P-08		13	70	98	111	125	140	140
P-09		12	67	94	104	120	135	135
P-10		11	62	87	96	110	125	125
P-01	Bloque II	12	65	91	110	120	130	130
P-02		13	70	98	120	130	140	140
P-03		13	65	91	118	124	130	130
P-04		10	56	78	100	106	130	130
P-05		10	70	98	136	138	140	140
P-06		10	70	98	132	136	140	140
P-07		13	70	98	124	132	140	140
P-08		11	60	84	98	109	120	120
P-09		12	65	91	110	120	130	130
P-10		12	65	91	117	123	130	130
P-01	Bloque III	10	60	84	118	119	120	120
P-02		10	70	98	110	125	140	140
P-03		11	57	80	109	112	130	130
P-04		10	60	84	121	120	120	120
P-05		12	70	98	113	126	140	140
P-06		10	70	98	120	130	140	140
P-07		13	70	98	118	129	140	140
P-08		10	75	105	132	141	150	150
P-09		13	75	105	112	131	150	150
P-10		12	60	84	115	117	120	120
P-01	Bloque IV	13	70	98	117	128	140	140
P-02		14	75	105	138	144	150	150
P-03		14	72	101.	126	135	145	145
P-04		12	62	87	112	118	125	125
P-05		12	65	91	108	119	130	130
P-06		10	75	105	126	138	150	150
P-07		10	69	96	128	133	138	138
P-08		13	65	91	116	123	130	130
P-09		13	67	94	124	129	135	135
P-10		13	67	94	116	125	135	135

Indicador número de ramas principales (und)

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 1		Promedio	TRATAMIENTO 2
		Número de ramas (und)	Promedio		
P-01	Bloque I	6		P-01	7
P-02		10		P-02	6
P-03		8		P-03	8
P-04		9		P-04	6
P-05		9	7.40	P-05	6
P-06		7		P-06	9
P-07		4		P-07	8
P-08		5		P-08	9
P-09		8		P-09	4
P-10		8		P-10	5
P-01	Bloque II	9		P-01	7
P-02		7		P-02	6
P-03		9		P-03	6
P-04		13		P-04	6
P-05		9		P-05	9
P-06		11	9.30	P-06	9
P-07		7		P-07	6
P-08		9		P-08	8
P-09		7		P-09	8
P-10		12		P-10	7
P-01	Bloque III	6		P-01	10
P-02		6		P-02	5
P-03		10		P-03	6
P-04		8		P-04	8
P-05		7		P-05	8
P-06		7	7.90	P-06	7
P-07		11		P-07	7
P-08		9		P-08	7
P-09		7		P-09	7
P-10		8		P-10	4
P-01	Bloque IV	5		P-01	8
P-02		9		P-02	6
P-03		8		P-03	7
P-04		8		P-04	8
P-05		6		P-05	6
P-06		8	7.00	P-06	5
P-07		6		P-07	5
P-08		6		P-08	9
P-09		5		P-09	6
P-10		9		P-10	9

TRATAMIENTO 3			
Muestras	Bloques	Número de ramas (und)	Promedio
P-01	Bloque I	14	
P-02		14	
P-03		11	
P-04		14	
P-05		11	13.40
P-06		13	
P-07		16	
P-08		16	
P-09		13	
P-10		12	
P-01	Bloque II	11	
P-02		9	
P-03		14	
P-04		10	
P-05		11	11.70
P-06		11	
P-07		15	
P-08		14	
P-09		10	
P-10		12	
P-01	Bloque III	12	
P-02		10	
P-03		13	
P-04		12	
P-05		18	13.00
P-06		12	
P-07		12	
P-08		16	
P-09		12	
P-10		13	
P-01	Bloque IV	13	
P-02		13	
P-03		13	
P-04		19	
P-05		17	14.90
P-06		16	
P-07		11	
P-08		18	
P-09		16	
P-10		13	

TRATAMIENTO 4			
Muestras	Bloques	Número de ramas (und)	Promedio
P-01	Bloque I	10	
P-02		12	
P-03		9	
P-04		12	
P-05		12	11.00
P-06		11	
P-07		11	
P-08		10	
P-09		14	
P-10		9	
P-01	Bloque II	14	
P-02		10	
P-03		15	
P-04		7	
P-05		10	11.70
P-06		11	
P-07		16	
P-08		9	
P-09		11	
P-10		14	
P-01	Bloque III	15	
P-02		11	
P-03		14	
P-04		10	
P-05		10	11.70
P-06		6	
P-07		13	
P-08		14	
P-09		15	
P-10		9	
P-01	Bloque IV	11	
P-02		13	
P-03		15	
P-04		14	
P-05		15	13.00
P-06		10	
P-07		15	
P-08		13	
P-09		11	
P-10		13	

Peso seco por plantas (gramos)

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 1	
		Peso seco por plantas (gramos)	Promedio
P-01	Bloque I	94	122.70
P-02		150	
P-03		160	
P-04		107	
P-05		85	
P-06		100	
P-07		93	
P-08		150	
P-09		155	
P-10		133	
P-01	Bloque II	130	121.40
P-02		115	
P-03		94	
P-04		139	
P-05		124	
P-06		124	
P-07		150	
P-08		107	
P-09		120	
P-10		111	
P-01	Bloque III	61	110.60
P-02		94	
P-03		128	
P-04		121	
P-05		81	
P-06		125	
P-07		104	
P-08		152	
P-09		104	
P-10		136	
P-01	Bloque IV	94	116.60
P-02		108	
P-03		135	
P-04		124	
P-05		125	
P-06		130	
P-07		100	
P-08		125	
P-09		100	
P-10		125	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 2	
		Peso seco por plantas (gramos)	Promedio
P-01	Bloque I	88	82.30
P-02		60	
P-03		92	
P-04		56	
P-05		70	
P-06		145	
P-07		119	
P-08		94	
P-09		50	
P-10		49	
P-01	Bloque II	109	105.20
P-02		54	
P-03		54	
P-04		80	
P-05		100	
P-06		118	
P-07		81	
P-08		187	
P-09		130	
P-10		139	
P-01	Bloque III	73	104.40
P-02		122	
P-03		77	
P-04		125	
P-05		142	
P-06		116	
P-07		116	
P-08		122	
P-09		100	
P-10		51	
P-01	Bloque IV	126	113.60
P-02		120	
P-03		133	
P-04		133	
P-05		107	
P-06		100	
P-07		55	
P-08		120	
P-09		55	
P-10		187	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 3	
		Peso seco por plantas (gramos)	Promedio
P-01	Bloque I	325	228.20
P-02		106	
P-03		158	
P-04		595	
P-05		116	
P-06		112	
P-07		344	
P-08		155	
P-09		164	
P-10		207	
P-01	Bloque II	200	146.50
P-02		92	
P-03		132	
P-04		100	
P-05		190	
P-06		117	
P-07		158	
P-08		131	
P-09		145	
P-10		200	
P-01	Bloque III	284	259.40
P-02		152	
P-03		167	
P-04		245	
P-05		501	
P-06		159	
P-07		183	
P-08		464	
P-09		239	
P-10		200	
P-01	Bloque IV	88	265.40
P-02		169	
P-03		164	
P-04		233	
P-05		545	
P-06		310	
P-07		92	
P-08		361	
P-09		200	
P-10		492	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 4	
		Peso seco por plantas (gramos)	Promedio
P-01	Bloque I	93	141.30
P-02		169	
P-03		118	
P-04		124	
P-05		146	
P-06		114	
P-07		138	
P-08		200	
P-09		169	
P-10		142	
P-01	Bloque II	158	180.50
P-02		111	
P-03		148	
P-04		100	
P-05		277	
P-06		126	
P-07		277	
P-08		82	
P-09		169	
P-10		357	
P-01	Bloque III	163	172.10
P-02		184	
P-03		149	
P-04		94	
P-05		137	
P-06		149	
P-07		180	
P-08		392	
P-09		180	
P-10		93	
P-01	Bloque IV	120	243.70
P-02		224	
P-03		355	
P-04		132	
P-05		178	
P-06		113	
P-07		492	
P-08		148	
P-09		328	
P-10		257	

Peso fresco de nódulos (gramos)

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 1	
		Peso fresco de nódulos (gramos)	Promedio
P-01		5	
P-02		6	
P-03	Bloque I	4	5.60
P-04		4	
P-05		9	
P-01		8	
P-02		4	
P-03	Bloque II	2	4.20
P-04		5	
P-05		2	
P-01		3	
P-02		4	
P-03	Bloque III	3	3.00
P-04		2	
P-05		3	
P-01		2	
P-02		4	
P-03	Bloque IV	4	3.80
P-04		3	
P-05		6	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 2	
		Peso fresco de nódulos (gramos)	Promedio
P-01		2	
P-02		1	
P-03	Bloque I	1	1.80
P-04		2	
P-05		3	
P-01		3	
P-02		1	
P-03	Bloque II	1	1.80
P-04		1	
P-05		3	
P-01		1	
P-02		1	
P-03	Bloque III	5	1.80
P-04		1	
P-05		1	
P-01		1	
P-02		1	
P-03	Bloque IV	2	1.20
P-04		1	
P-05		1	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 3	
		Peso fresco de nódulos (gramos)	Promedio
P-01		3	
P-02		13	
P-03	Bloque I	4	4.60
P-04		2	
P-05		1	
P-01		6	
P-02		3	
P-03	Bloque II	2	3.40
P-04		3	
P-05		3	
P-01		7	
P-02		2	
P-03	Bloque III	3	3.40
P-04		3	
P-05		2	
P-01		8	
P-02		6	
P-03	Bloque IV	5	5.60
P-04		4	
P-05		5	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 4	
		Peso fresco de nódulos (gramos)	Promedio
P-01		1	
P-02		1	
P-03	Bloque I	2	1.20
P-04		1	
P-05		1	
P-01		3	
P-02		1	
P-03	Bloque II	1	1.60
P-04		2	
P-05		1	
P-01		1	
P-02		4	
P-03	Bloque III	2	1.80
P-04		1	
P-05		1	
P-01		1	
P-02		1	
P-03	Bloque IV	1	1.00
P-04		1	
P-05		1	

Peso seco de nódulos (gramos)

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 1	
		Peso fresco de nódulos (gramos)	Promedio
P-01		1.1	
P-02		0.3	
P-03	Bloque I	0.1	0.80
P-04		0.7	
P-05		1.8	
P-01		2	
P-02		1.2	
P-03	Bloque II	0.5	1.08
P-04		0.8	
P-05		0.9	
P-01		0.9	
P-02		0.8	
P-03	Bloque III	0.4	1.06
P-04		1.9	
P-05		1.3	
P-01		1.8	
P-02		0.6	
P-03	Bloque IV	0.5	1.30
P-04		1.8	
P-05		1.8	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 2	
		Peso fresco de nódulos (gramos)	Promedio
P-01		0.3	
P-02		0.3	
P-03	Bloque I	0.1	0.42
P-04		0.5	
P-05		0.9	
P-01		0.9	
P-02		0.1	
P-03	Bloque II	0.1	0.36
P-04		0.1	
P-05		0.6	
P-01		0.1	
P-02		1	
P-03	Bloque III	0.3	0.40
P-04		0.1	
P-05		0.5	
P-01		0.3	
P-02		0.2	
P-03	Bloque IV	0.3	0.36
P-04		0.5	
P-05		0.5	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 3	
		Peso fresco de nódulos (gramos)	Promedio
P-01		1	
P-02		2.5	
P-03	Bloque I	0.8	1.18
P-04		0.8	
P-05		0.8	
P-01		0.8	
P-02		1.2	
P-03	Bloque II	1.5	1.04
P-04		0.6	
P-05		1.1	
P-01		1.2	
P-02		0.8	
P-03	Bloque III	0.3	0.92
P-04		1.5	
P-05		0.8	
P-01		1.5	
P-02		0.9	
P-03	Bloque IV	1.3	1.22
P-04		1.1	
P-05		1.3	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 4	
		Peso fresco de nódulos (gramos)	Promedio
P-01		0.1	
P-02		0.1	
P-03	Bloque I	1	0.32
P-04		0.1	
P-05		0.3	
P-01		0.9	
P-02		0.1	
P-03	Bloque II	0.3	0.38
P-04		0.5	
P-05		0.1	
P-01		0.1	
P-02		1.3	
P-03	Bloque III	0.9	0.50
P-04		0.1	
P-05		0.1	
P-01		0.1	
P-02		0.1	
P-03	Bloque IV	0.3	0.14
P-04		0.1	
P-05		0.1	

Peso fresco de raíz (gramos)

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 1	
		Peso fresco de raíz (gramos)	Promedio
P-01		80	
P-02		50	
P-03	Bloque I	60	60.20
P-04		54	
P-05		57	
P-01		58	
P-02		60	
P-03	Bloque II	60	60.20
P-04		65	
P-05		58	
P-01		63	
P-02		57	
P-03	Bloque III	52	62.20
P-04		50	
P-05		89	
P-01		80	
P-02		56	
P-03	Bloque IV	68	63.00
P-04		56	
P-05		55	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 3	
		Peso fresco de raíz (gramos)	Promedio
P-01		71	
P-02		80	
P-03	Bloque I	73	62.60
P-04		50	
P-05		39	
P-01		56	
P-02		68	
P-03	Bloque II	65	61.20
P-04		47	
P-05		70	
P-01		40	
P-02		56	
P-03	Bloque III	68	63.60
P-04		80	
P-05		74	
P-01		74	
P-02		53	
P-03	Bloque IV	56	62.20
P-04		53	
P-05		70	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 2	
		Peso fresco de raíz (gramos)	Promedio
P-01		57	
P-02		60	
P-03	Bloque I	65	56.40
P-04		50	
P-05		50	
P-01		58	
P-02		65	
P-03	Bloque II	61	56.00
P-04		50	
P-05		46	
P-01		56	
P-02		60	
P-03	Bloque III	60	53.40
P-04		43	
P-05		48	
P-01		66	
P-02		54	
P-03	Bloque IV	47	56.60
P-04		60	
P-05		56	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 4	
		Peso fresco de raíz (gramos)	Promedio
P-01		75	
P-02		60	
P-03	Bloque I	45	56.00
P-04		55	
P-05		45	
P-01		47	
P-02		65	
P-03	Bloque II	57	65.80
P-04		58	
P-05		57	
P-01		50	
P-02		51	
P-03	Bloque III	53	53.60
P-04		60	
P-05		54	
P-01		61	
P-02		50	
P-03	Bloque IV	51	53.00
P-04		48	
P-05		55	

Largo de la raíz (centímetros)

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 1	
		Largo de la raíz (centímetros)	Promedio
P-01		22	
P-02		29	
P-03	Bloque I	29	29.00
P-04		35	
P-05		30	
P-01		37	
P-02		31	
P-03	Bloque II	25	30.80
P-04		28	
P-05		33	
P-01		25	
P-02		27	
P-03	Bloque III	30	24.40
P-04		35	
P-05		30	
P-01		32	
P-02		33	
P-03	Bloque IV	29	28.80
P-04		28	
P-05		22	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 2	
		Largo de la raíz (centímetros)	Promedio
P-01		32	
P-02		30	
P-03	Bloque I	29	23.80
P-04		40	
P-05		27	
P-01		34	
P-02		23	
P-03	Bloque II	30	24.80
P-04		39	
P-05		33	
P-01		27	
P-02		20	
P-03	Bloque III	31	24.20
P-04		24	
P-05		36	
P-01		33	
P-02		26	
P-03	Bloque IV	30	21.60
P-04		23	
P-05		23	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 3	
		Largo de la raíz (centímetros)	Promedio
P-01		28	
P-02		35	
P-03	Bloque I	33	32.00
P-04		34	
P-05		30	
P-01		31	
P-02		35	
P-03	Bloque II	28	30.40
P-04		28	
P-05		30	
P-01		34	
P-02		29	
P-03	Bloque III	34	32.60
P-04		41	
P-05		25	
P-01		30	
P-02		28	
P-03	Bloque IV	35	32.60
P-04		45	
P-05		25	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 4	
		Largo de la raíz (centímetros)	Promedio
P-01		20	
P-02		25	
P-03	Bloque I	22	22.80
P-04		21	
P-05		26	
P-01		25	
P-02		27	
P-03	Bloque II	28	25.40
P-04		20	
P-05		27	
P-01		31	
P-02		23	
P-03	Bloque III	22	26.00
P-04		27	
P-05		27	
P-01		25	
P-02		23	
P-03	Bloque IV	21	22.80
P-04		24	
P-05		21	

Numero de vainas (unidad)

		TRATAMIENTO 1						TRATAMIENTO 2			
Muestras	Bloques	Vainas eje principal (und)	Vainas eje secundario (und)	Vainas eje lateral (und)	Total (und)	Muestras	Bloques	Vainas eje principal (und)	Vainas eje secundario (und)	Vainas eje lateral (und)	Total (und)
P-01	Bloque I	33	54	0	87	P-01	Bloque I	27	40	0	67
P-02		21	93	0	114	P-02		26	48	0	74
P-03		26	52	0	78	P-03		20	70	0	90
P-04		29	94	0	123	P-04		19	42	0	61
P-05		21	68	0	89	P-05		25	56	0	81
P-06		22	73	9	104	P-06		23	76	0	99
P-07		26	46	0	72	P-07		31	125	0	156
P-08		17	26	0	43	P-08		29	79	0	108
P-09		20	80	0	100	P-09		20	32	0	52
P-10		26	115	0	141	P-10		23	28	0	51
P-01	Bloque II	28	85	0	113	P-01	Bloque II	29	70	11	110
P-02		24	87	0	111	P-02		28	38	0	66
P-03		29	78	31	138	P-03		20	22	0	42
P-04		27	141	0	168	P-04		24	56	10	90
P-05		30	106	0	136	P-05		24	93	0	117
P-06		32	142	0	174	P-06		32	92	12	136
P-07		29	51	0	80	P-07		21	21	0	42
P-08		26	95	0	121	P-08		31	94	23	148
P-09		30	64	0	94	P-09		26	82	46	154
P-10		29	114	0	143	P-10		23	117	0	140
P-01	Bloque III	18	60	0	78	P-01	Bloque III	22	66	0	88
P-02		31	74	0	105	P-02		22	51	2	75
P-03		27	67	0	94	P-03		22	38	1	61
P-04		29	89	0	118	P-04		17	40	55	112
P-05		19	43	0	62	P-05		23	69	3	95
P-06		28	62	0	90	P-06		18	72	25	115
P-07		29	93	0	122	P-07		25	84	15	124
P-08		24	76	0	100	P-08		24	76	23	123
P-09		20	56	0	76	P-09		22	66	0	88
P-10		25	69	20	114	P-10		30	30	1	61
P-01	Bloque IV	25	50	8	83	P-01	Bloque IV	29	81	19	129
P-02		27	91	8	126	P-02		26	91	72	189
P-03		23	85	8	116	P-03		36	64	3	103
P-04		27	60	31	118	P-04		29	86	31	146
P-05		28	68	25	121	P-05		20	47	0	67
P-06		27	43	0	70	P-06		22	36	0	58
P-07		30	52	23	105	P-07		15	33	0	48
P-08		18	57	12	87	P-08		19	84	71	174
P-09		24	62	13	99	P-09		19	47	0	66
P-10		31	82	1	114	P-10		25	79	0	104

TRATAMIENTO 3					
Muestras	Bloques	Vainas eje principal (und)	Vainas eje secundario (und)	Vainas eje lateral (und)	Total (und)
P-01	Bloque I	12	108	84	204
P-02		15	48	13	76
P-03		13	36	9	58
P-04		13	105	103	221
P-05		15	49	19	83
P-06		18	64	0	82
P-07		12	116	24	152
P-08		13	58	13	84
P-09		11	99	0	110
P-10		14	59	49	122
P-01	Bloque II	12	66	37	115
P-02		9	46	22	77
P-03		12	54	18	84
P-04		17	56	21	94
P-05		10	73	46	129
P-06		7	74	6	87
P-07		15	87	26	128
P-08		14	66	43	123
P-09		13	62	20	95
P-10		11	81	4	96
P-01	Bloque III	11	51	64	126
P-02		13	67	27	107
P-03		24	83	44	151
P-04		19	73	50	142
P-05		5	33	0	38
P-06		9	78	29	116
P-07		11	74	53	138
P-08		8	37	4	49
P-09		17	92	81	190
P-10		16	106	6	128
P-01	Bloque IV	14	17	0	31
P-02		21	80	10	111
P-03		8	19	0	27
P-04		15	62	28	105
P-05		8	128	194	330
P-06		13	33	31	77
P-07		13	17	7	37
P-08		14	63	19	96
P-09		15	78	63	156
P-10		15	81	32	128

TRATAMIENTO 4					
Muestras	Bloques	Vainas eje principal (und)	Vainas eje secundario (und)	Vainas eje lateral (und)	Total (und)
P-01	Bloque I	13	51	13	77
P-02		19	101	48	168
P-03		6	42	91	139
P-04		11	71	3	85
P-05		11	66	11	88
P-06		9	38	7	54
P-07		8	62	38	108
P-08		19	54	48	121
P-09		10	80	21	111
P-10		14	48	55	117
P-01	Bloque II	11	48	38	97
P-02		17	57	25	99
P-03		16	67	58	141
P-04		19	41	18	78
P-05		9	65	170	244
P-06		17	70	21	108
P-07		11	151	5	167
P-08		14	25	0	39
P-09		14	73	35	122
P-10		10	120	147	277
P-01	Bloque III	11	37	0	48
P-02		17	82	29	128
P-03		9	79	42	130
P-04		25	54	15	94
P-05		9	32	15	56
P-06		7	23	20	50
P-07		17	55	0	72
P-08		11	79	31	121
P-09		13	68	14	95
P-10		13	15	0	28
P-01	Bloque IV	12	39	40	91
P-02		9	90	35	134
P-03		12	83	27	122
P-04		15	66	9	90
P-05		18	107	20	145
P-06		16	35	0	51
P-07		19	147	104	270
P-08		15	44	40	99
P-09		13	26	17	56
P-10		17	21	96	134

Numero de racimos (unidad)

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 1					TRATAMIENTO 2			
		Racimos de primera floración (und)	Racimos de segunda floración (und)	Racimos de tercera floración (und)	Total (und)		Racimos de primera floración (und)	Racimos de segunda floración (und)	Racimos de tercera floración (und)	Total (und)
P-01	Bloque I	1	6	0	7	P-01	1	7	0	8
P-02		1	11	0	12	P-02	1	6	0	7
P-03		1	9	0	10	P-03	1	7	0	8
P-04		1	10	0	11	P-04	1	7	0	8
P-05		1	9	0	10	P-05	1	7	0	8
P-06		1	7	4	12	P-06	1	9	0	10
P-07		1	5	0	6	P-07	1	8	0	9
P-08		1	10	0	11	P-08	1	9	0	10
P-09		1	8	0	9	P-09	1	4	0	5
P-10		1	9	0	10	P-10	1	5	0	6
P-01	Bloque II	1	10	0	11	P-01	1	7	3	11
P-02		1	8	0	9	P-02	1	6	0	7
P-03		1	10	0	11	P-03	1	5	0	6
P-04		1	13	0	14	P-04	1	6	3	10
P-05		1	7	9	17	P-05	1	11	0	12
P-06		1	12	0	13	P-06	1	5	5	11
P-07		1	6	0	7	P-07	1	4	0	5
P-08		1	12	0	13	P-08	1	10	3	14
P-09		1	7	0	8	P-09	1	7	2	10
P-10		1	13	0	14	P-10	1	8	3	12
P-01	Bloque III	1	7	0	8	P-01	1	9	0	10
P-02		1	8	0	9	P-02	1	5	1	7
P-03		1	9	0	10	P-03	1	5	1	7
P-04		1	8	0	9	P-04	1	8	3	12
P-05		1	9	0	10	P-05	1	8	1	10
P-06		1	6	0	7	P-06	1	9	3	13
P-07		1	10	0	11	P-07	1	8	4	13
P-08		1	9	0	10	P-08	1	7	3	11
P-09		1	7	0	8	P-09	1	8	0	9
P-10		1	8	5	14	P-10	1	4	1	6
P-01	Bloque IV	1	5	3	9	P-01	1	7	2	10
P-02		1	10	2	13	P-02	1	7	3	11
P-03		1	9	2	12	P-03	1	7	1	9
P-04		1	6	9	16	P-04	1	7	7	15
P-05		1	6	8	15	P-05	1	6	0	7
P-06		1	8	0	9	P-06	1	5	0	6
P-07		1	6	6	13	P-07	1	5	0	6
P-08		1	6	4	11	P-08	1	8	4	13
P-09		1	5	2	8	P-09	1	5	0	6
P-10		1	10	1	12	P-10	1	11	9	21

		TRATAMIENTO 3			
Muestras	Bloques	Racimos de primera floración (und)	Racimos de segunda floración (und)	Racimos de tercera floración (und)	Total (und)
P-01	Bloque I	1	14	26	41
P-02		1	8	7	16
P-03		1	11	7	19
P-04		1	9	10	20
P-05		1	13	37	51
P-06		1	13	5	19
P-07		1	16	20	37
P-08		1	14	7	22
P-09		1	13	4	18
P-10		1	10	15	26
P-01	Bloque II	1	11	15	27
P-02		1	9	11	21
P-03		1	14	6	21
P-04		1	10	9	20
P-05		1	11	22	34
P-06		1	12	5	18
P-07		1	14	9	24
P-08		1	14	19	34
P-09		1	13	9	23
P-10		1	12	12	25
P-01	Bloque III	1	12	31	44
P-02		1	10	13	24
P-03		1	12	9	22
P-04		1	11	19	31
P-05		1	14	6	21
P-06		1	12	7	20
P-07		1	12	12	25
P-08		1	14	13	28
P-09		1	12	17	30
P-10		1	18	4	23
P-01	Bloque IV	1	7	0	8
P-02		1	12	6	19
P-03		1	8	0	9
P-04		1	16	16	33
P-05		1	18	69	88
P-06		1	11	15	27
P-07		1	6	4	11
P-08		1	16	11	28
P-09		1	16	25	42
P-10		1	13	16	30

		TRATAMIENTO 4			
Muestras	Bloques	Racimos de primera floración (und)	Racimos de segunda floración (und)	Racimos de tercera floración (und)	Total (und)
P-01	Bloque I	1	10	10	21
P-02		1	13	19	33
P-03		1	9	32	42
P-04		1	12	8	21
P-05		1	12	14	27
P-06		1	11	10	22
P-07		1	11	13	25
P-08		1	10	17	28
P-09		1	15	10	26
P-10		1	9	22	32
P-01	Bloque II	1	12	12	25
P-02		1	7	9	17
P-03		1	11	17	29
P-04		1	6	8	15
P-05		1	11	53	65
P-06		1	10	7	18
P-07		1	17	3	21
P-08		1	7	4	12
P-09		1	12	9	22
P-10		1	14	29	44
P-01	Bloque III	1	9	0	10
P-02		1	11	15	27
P-03		1	14	17	32
P-04		1	13	5	19
P-05		1	8	8	17
P-06		1	5	6	12
P-07		1	13	0	14
P-08		1	13	22	36
P-09		1	12	13	26
P-10		1	8	0	9
P-01	Bloque IV	1	8	13	22
P-02		1	13	17	31
P-03		1	17	11	29
P-04		1	11	13	25
P-05		1	14	11	26
P-06		1	10	0	11
P-07		1	19	33	53
P-08		1	11	11	23
P-09		1	12	9	22
P-10		1	10	6	17

Peso de 100 semillas (gramos)

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 1	
		Peso de 100 semillas (gramos)	Promedio de bloques
M - 01	Bloque I	30	28.00
M - 02		26	
M - 01	Bloque II	29	29.00
M - 02		29	
M - 01	Bloque III	30	29.00
M - 02		28	
M - 01	Bloque IV	29	28.50
M - 02		28	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 2	
		Peso de 100 semillas (gramos)	Promedio de bloques
M - 01	Bloque I	28	27.00
M - 02		26	
M - 01	Bloque II	27	26.00
M - 02		25	
M - 01	Bloque III	26	26.00
M - 02		26	
M - 01	Bloque IV	27	26.50
M - 02		26	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 3	
		Peso de 100 semillas (gramos)	Promedio de bloques
M - 01	Bloque I	29	29.00
M - 02		29	
M - 01	Bloque II	30	29.50
M - 02		29	
M - 01	Bloque III	30	29.50
M - 02		29	
M - 01	Bloque IV	28	29.00
M - 02		30	

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 4	
		Peso de 100 semillas (gramos)	Promedio de bloques
M - 01	Bloque I	28	27.00
M - 02		26	
M - 01	Bloque II	28	27.00
M - 02		26	
M - 01	Bloque III	28	27.50
M - 02		27	
M - 01	Bloque IV	28	27.00
M - 02		26	

Peso seco granos por planta (gramos)

Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 1				Muestras	Bloques	TRATAMIENTO 2			
		Granos del eje principal (gramos)	Granos del eje secundario (gramos)	Granos del eje lateral (gramos)	Total (gramos)			Granos del eje principal (gramos)	Granos del eje secundario (gramos)	Granos del eje lateral (gramos)	Total (gramos)
P-01	Bloque I	35	59	0	94	P-01	Bloque I	35	43	0	78
P-02		33	57	0	90	P-02		31	45	0	76
P-03		28	60	0	88	P-03		24	43	0	67
P-04		36	73	0	109	P-04		24	55	0	79
P-05		32	58	0	90	P-05		31	80	0	111
P-06		29	50	5	84	P-06		36	96	0	132
P-07		41	80	0	121	P-07		34	72	0	106
P-08		21	65	0	86	P-08		34	57	0	91
P-09		21	63	0	84	P-09		30	54	0	84
P-10		29	91	0	120	P-10		25	45	0	70
P-01	Bloque II	43	40	0	83	P-01	Bloque II	25	50	6	81
P-02		36	60	0	96	P-02		25	25	0	50
P-03		36	50	0	86	P-03		25	17	0	42
P-04		36	85	10	131	P-04		35	57	0	92
P-05		33	61	0	94	P-05		29	78	0	107
P-06		33	63	0	96	P-06		34	73	8	115
P-07		37	46	0	83	P-07		29	23	0	52
P-08		37	60	0	97	P-08		30	55	23	108
P-09		37	50	0	87	P-09		42	83	29	154
P-10		42	67	0	109	P-10		23	54	3	80
P-01	Bloque III	23	68	0	91	P-01	Bloque III	35	45	0	80
P-02		41	61	0	102	P-02		30	49	1	80
P-03		42	50	0	92	P-03		34	34	1	69
P-04		42	70	0	112	P-04		20	49	21	90
P-05		28	80	0	108	P-05		30	48	4	82
P-06		40	51	0	91	P-06		28	50	14	92
P-07		36	51	0	87	P-07		24	67	7	98
P-08		36	72	0	108	P-08		30	75	22	127
P-09		23	47	0	70	P-09		21	42	0	63
P-10		34	40	19	93	P-10		42	30	2	74
P-01	Bloque IV	27	47	6	80	P-01	Bloque IV	39	89	23	151
P-02		37	80	4	121	P-02		35	45	20	100
P-03		33	67	8	108	P-03		41	52	4	97
P-04		40	50	22	112	P-04		34	45	18	97
P-05		28	55	13	96	P-05		18	41	0	59
P-06		28	68	0	96	P-06		34	34	0	68
P-07		24	43	14	81	P-07		22	22	0	44
P-08		23	47	12	82	P-08		22	50	20	92
P-09		23	47	12	82	P-09		23	30	0	53
P-10		35	65	1	101	P-10		30	50	19	99

TRATAMIENTO 3					
Muestras	Bloques	Granos del eje principal (gramos)	Granos del eje secundario (gramos)	Granos del eje lateral (gramos)	Total (gramos)
P-01	Bloque I	20	113	70	203
P-02		18	58	5	81
P-03		12	30	15	57
P-04		11	92	64	167
P-05		15	28	9	52
P-06		12	40	0	52
P-07		16	76	11	103
P-08		16	40	10	66
P-09		13	62	0	75
P-10		16	40	24	80
P-01	Bloque II	15	41	28	84
P-02		14	50	8	72
P-03		15	60	11	86
P-04		28	47	15	90
P-05		12	83	34	129
P-06		13	39	3	55
P-07		22	58	18	98
P-08		18	82	28	128
P-09		18	60	15	93
P-10		23	63	4	90
P-01	Bloque III	12	48	55	115
P-02		21	48	21	90
P-03		40	50	31	121
P-04		21	70	35	126
P-05		16	56	0	72
P-06		17	68	16	101
P-07		13	35	2	50
P-08		17	58	29	104
P-09		17	50	40	107
P-10		17	54	1	72
P-01	Bloque IV	20	52	1	73
P-02		24	52	0	76
P-03		25	55	5	85
P-04		25	34	0	59
P-05		12	112	26	150
P-06		14	50	20	84
P-07		14	23	30	67
P-08		19	52	7	78
P-09		19	71	52	142
P-10		19	87	52	158

TRATAMIENTO 4					
Muestras	Bloques	Granos del eje principal (gramos)	Granos del eje secundario (gramos)	Granos del eje lateral (gramos)	Total (gramos)
P-01	Bloque I	14	36	6	56
P-02		28	50	28	106
P-03		9	40	61	110
P-04		15	34	0	49
P-05		14	40	6	60
P-06		15	40	5	60
P-07		13	71	24	108
P-08		24	40	20	84
P-09		14	71	17	102
P-10		24	39	39	102
P-01	Bloque II	16	47	22	85
P-02		22	40	16	78
P-03		16	53	26	95
P-04		16	30	13	59
P-05		11	41	25	77
P-06		19	42	19	80
P-07		19	80	12	111
P-08		16	24	0	40
P-09		16	58	24	98
P-10		15	89	35	139
P-01	Bloque III	8	16	0	44
P-02		20	70	20	119
P-03		12	77	29	99
P-04		29	53	10	92
P-05		25	45	10	84
P-06		20	45	14	65
P-07		24	40	0	97
P-08		19	86	33	113
P-09		15	58	8	73
P-10		20	50	0	99
P-01	Bloque IV	16	38	29	78
P-02		11	73	24	108
P-03		14	79	24	96
P-04		13	48	3	69
P-05		17	73	8	90
P-06		17	44	0	91
P-07		16	80	30	113
P-08		17	48	17	79
P-09		14	40	14	74
P-10		14	45	20	79

Rendimiento en grano seco (kilogramos/hectárea)

TRATAMIENTOS	BLOQUES	PRIMERA FLORACION (g)	SEGUNDA FLORACION (g)	TERCERA FLORACION (g)	PLANTAS MUESTRAS (g)	SUMA TOTAL (g)	PROMEDIO TRATAMIENTO (g)
TRATAMIENTO 01	BLOQUE I	2,739.00	3,341.00	993.00	921.00	7,994.00	
	BLOQUE II	2,920.00	4,248.00	458.00	1,128.00	8,754.00	
	BLOQUE III	2,701.00	4,073.00	517.00	942.00	8,233.00	8,361.50
	BLOQUE IV	2,603.00	4,071.00	821.00	970.00	8,465.00	
TRATAMIENTO 02	BLOQUE I	2,373.00	4,019.00	408.00	723.00	7,523.00	
	BLOQUE II	2,486.00	3,991.00	531.00	881.00	7,889.00	
	BLOQUE III	2,323.00	3,576.00	308.00	946.00	7,153.00	7,650.75
	BLOQUE IV	1,972.00	4,385.00	692.00	989.00	8,038.00	
TRATAMIENTO 03	BLOQUE I	1,335.00	3,453.00	1,030.00	936.00	6,754.00	
	BLOQUE II	1,528.00	3,949.00	1,126.00	857.00	7,460.00	
	BLOQUE III	1,464.00	3,232.00	1,219.00	1,033.00	6,948.00	6,803.25
	BLOQUE IV	1,314.00	2,853.00	852.00	1,032.00	6,051.00	
TRATAMIENTO 04	BLOQUE I	1,227.00	2,884.00	714.00	940.00	5,765.00	
	BLOQUE II	1,359.00	3,424.00	833.00	945.00	6,561.00	
	BLOQUE III	1,526.00	3,194.00	941.00	738.00	6,399.00	6,102.50
	BLOQUE IV	1,351.00	1,971.00	1,555.00	808.00	5,685.00	

Cálculos de rendimientos de kilogramos /hectáreas

TRATAMIENTOS	BLOQUES	PRODUCCIÓN (KG)	ÁREA PROMEDIO (M ²)	RENDIMIENTO PROMEDIO (KG/HA)	PROMEDIO TRATAMIENTO (KG/HA)
TRATAMIENTO 01	BLOQUE I	7.99	25.00	3,197.60	
	BLOQUE II	8.75	25.00	3,501.60	
	BLOQUE III	8.23	25.00	3,293.20	3,344.60
	BLOQUE IV	8.47	25.00	3,386.00	
TRATAMIENTO 02	BLOQUE I	7.52	25.00	3,009.20	
	BLOQUE II	7.89	25.00	3,155.60	
	BLOQUE III	7.15	25.00	2,861.20	3,060.30
	BLOQUE IV	8.04	25.00	3,215.20	
TRATAMIENTO 03	BLOQUE I	6.75	25.00	2,701.60	
	BLOQUE II	7.46	25.00	2,984.00	
	BLOQUE III	6.95	25.00	2,779.20	2,721.30
	BLOQUE IV	6.05	25.00	2,420.40	
TRATAMIENTO 04	BLOQUE I	5.77	25.00	2,306.00	
	BLOQUE II	6.56	25.00	2,624.40	
	BLOQUE III	6.40	25.00	2,559.60	2,441.00
	BLOQUE IV	5.69	25.00	2,274.00	

9.2. Anexo B: Ficha técnica del caldo de cultivo



Technical Data

Yeast Mannitol Broth

M716

Yeast Mannitol Broth is used for cultivation of *Rhizobium* species.

Composition**

Ingredients	Gms / Litre
Yeast extract	1.000
Mannitol	10.000
Dipotassium phosphate	0.500
Magnesium sulphate	0.200
Sodium chloride	0.100
Calcium carbonate	1.000
Final pH (at 25°C)	6.8±0.2

**Formula adjusted, standardized to suit performance parameters

Directions

Suspend 12.8 grams in 1000 ml distilled water. Heat just to boiling. Sterilize by autoclaving at 15 lbs pressure (121°C) for 15 minutes. Mix well and dispense into sterile test tubes.

Principle And Interpretation

Beijerinck was first to isolate and cultivate an aerobic gram negative rod-shaped microorganism from the nodules of legume. He named it *Bacillus radicicola*, which was subsequently placed under the genus *Rhizobium*. Bacteria belonging to the genus *Rhizobium* live freely in soil and in the root region of both leguminous and non-leguminous plants. However they can enter into symbiosis only with leguminous plants by infecting their roots and forming nodules on them. *Rhizobium* present in these root nodules fixes atmospheric nitrogen i.e. gaseous nitrogen from air to organic nitrogen compounds, which is absorbed by plants. Thus role of *Rhizobium* is noteworthy for their major contributions to soil fertility. Yeast Mannitol Broth is used for the cultivation of the symbiotic nitrogen fixing organisms viz. *Rhizobium* species (1).

Yeast extract serves as a good source of readily available amino acids, contain vitamin B complex and accessory growth factors for Rhizobia. It also poised oxidation - reduction potential of medium in the range favorable for Rhizobia and serves as hydrogen donor in respiratory process (2). Mannitol is the fermentable sugar alcohol source. Calcium and magnesium provide cations essential for the growth of Rhizobia.

Quality Control

Appearance

White to cream homogeneous free flowing powder

Colour and Clarity of prepared medium

Whitish buff coloured opalescent solution in tubes.

Reaction

Reaction of 1.28% w/v aqueous solution at 25°C. pH : 6.8±0.2

pH

6.60-7.00

Cultural Response

M716: Cultural characteristics observed after an incubation at 25-30°C for upto 5 days.

Organism	Growth
<i>Rhizobium leguminosarum</i> ATCC 10004	luxuriant
<i>Rhizobium meliloti</i> ATCC 9930	luxuriant

Storage and Shelf Life

Please refer disclaimer Overleaf.

Store below 30°C in tightly closed container and the prepared medium at 2- 8°C. Use before expiry date on the label.

Reference

1. Subba Rao N.S., 1977, Soil Microorganisms and Plant Growth, Oxford and IBG Publishing Company.
2. Allen. E.K. and Allen. O.N., 1950, Bacteriol. Rev., 14:273.

Revision : 02 / 2015

Disclaimer :

User must ensure suitability of the product(s) in their application prior to use. Products conform solely to the information contained in this and other related HiMedia™ publications. The information contained in this publication is based on our research and development work and is to the best of our knowledge true and accurate. HiMedia™ Laboratories Pvt Ltd reserves the right to make changes to specifications and information related to the products at any time. Products are not intended for human or animal or therapeutic use but for laboratory, diagnostic, research or further manufacturing use only, unless otherwise specified. Statements contained herein should not be considered as a warranty of any kind, expressed or implied, and no liability is accepted for infringement of any patents.

HiMedia Laboratories Pvt. Ltd. A-516, Swastik Disha Business Park, Via Vadhani Ind. Est., LBS Marg, Mumbai-400086, India. Customer care No.: 022-6147 1919 Email: techhelp@himedia.com

9.3. Anexo C: Ficha técnica del medio de cultivo.



Technical Data

Yeast Mannitol Agar w/ Congo Red

M721

Yeast Mannitol Agar w/ Congo Red is used for cultivation of *Rhizobium* species.

Composition**

Ingredients	Gms / Litre
Yeast extract	1.000
Mannitol	10.000
Dipotassium phosphate	0.500
Magnesium sulphate	0.200
Sodium chloride	0.100
Congo red	0.025
Agar	20.000
Final pH (at 25°C)	6.8±0.2

**Formula adjusted, standardized to suit performance parameters

Directions

Suspend 31.82 grams in 1000 ml distilled water. Heat to boiling to dissolve the medium completely. Sterilize by autoclaving at 15 lbs pressure (121°C) for 15 minutes. Mix well and pour into sterile Petri plates.

Principle And Interpretation

Rhizobium can fix atmospheric nitrogen only in root nodules of legumes and that too when it is in the bacteroid stage of its life cycle. It possesses the entire complement of genes for nitrogen fixation, which are normally latent and become active only under special conditions. *Rhizobium* makes nitrogen available to the plant and in turn, the bacteria derive nutrients from the tissues of the plants (1). Yeast Mannitol Agar with Congo Red is used for the cultivation of *Rhizobium* species and for studying root nodulation (2).

Yeast extract serves as a good source of readily available amino acids, vitamin B complex and accessory growth factors for Rhizobia. It also poised the oxidation-reduction potential of medium in the range favourable for Rhizobia and serves as hydrogen donor in respiratory process (3). Mannitol is the fermentable sugar alcohol source. Magnesium provides cations essential for the growth of Rhizobia. Congo red inhibits penicillin-susceptible strains. Colonies of Rhizobia stand out as white, translucent, glistening and elevated, with entire margins (2).

Quality Control

Appearance

Light yellow to pink homogeneous free flowing powder

Gelling

Firm, comparable with 2.0% Agar gel.

Colour and Clarity of prepared medium

Orange coloured clear to slightly opalescent gel forms in Petri plates.

Reaction

Reaction of 3.18% w/v aqueous solution at 25°C. pH : 6.8±0.2

pH

6.60-7.00

Cultural Response

M721: Cultural characteristics observed after an incubation at 25-30°C for upto 2-5 days.

Organism	Growth	Colour of colony
<i>Rhizobium japonicum</i> ATCC 10324	luxuriant	pink

Please refer disclaimer Overleaf.

Rhizobium meliloti ATCC luxuriant pink
9930

Storage and Shelf Life

Store below 30°C in tightly closed container and prepared medium at 2-8° C. Use before expiry period on the label.

Reference

1. Pelczar M. J. Jr., Reid R. D, Chan E. C. S., 1977, Microbiology, Tata McGraw-Hill Publishing company Ltd, New Delhi.
2. Subba Rao N. S., 1977, Soil Microorganisms and Plant Growth, Oxford and IBH Publishing Co.
3. Allen E. K. and Allen O. N., 1950, Bact. Revs., 14:273.

Revision : 02 / 2015

Disclaimer :

User must ensure suitability of the product(s) in their application prior to use. Products conform solely to the information contained in this and other related HiMedia™ publications. The information contained in this publication is based on our research and development work and is to the best of our knowledge true and accurate. HiMedia™ Laboratories Pvt Ltd reserves the right to make changes to specifications and information related to the products at any time. Products are not intended for human or animal or therapeutic use but for laboratory, diagnostic, research or further manufacturing use only, unless otherwise specified. Statements contained herein should not be considered as a warranty of any kind, expressed or implied, and no liability is accepted for infringement of any patents.

9.4. Anexo D: Análisis de suelos.



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS
QUÍMICOS S.A.C. SLAB

INFORME DE ENSAYO IE-061221-02-05

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : ROBERTO CARLOS MEDINA GUTIÉRREZ
1.2 RUC/DNI : 46046136

2. FECHAS

2.1 Inicio : 04 de Setiembre de 2024
2.2 Fin : 15 de Setiembre de 2024
2.3 Emisión de informe : 16 de Setiembre de 2024

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1 Temperatura : 20.3 °C
3.2 Humedad Relativa : 50 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

4.1 Ensayo solicitado y método de ensayo : pH/ Relación (1:2) Agua Suelo
Conductividad Eléctrica/ Extracto Relación (1:2) Agua Suelo
Humedad/Gravimetría
Materia Orgánica/ Walkley Black
Fósforo Disponible/ Olsen modificado, NaHCO₃, 0.5 M
Potasio Disponible/ Método de Acetato de Amonio 1N
Nitrógeno Total/ Kjeldahl
Cationes Cambiables (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺)
Relación entre Cationes (Ca/K, Mg/K, (Ca+Mg)/k, Ca/Mg)
Textura: Arena, Limo, Arcilla/ Hidrométrico - Bouyoucos
ClC/ Acetato de Amonio
Micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn)/ Absorción Atómica
Aluminio y/o Hidrógeno Intercambiable/Método de Yuan (Extracción-HCl 1N)

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Tabla N°1: DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Código Interno de Muestra	Tipo de Muestra	Identificación de Cliente
S-2993	Suelo	"Parcela experimental - Totoral, Cultivo: Tarwi, Fecha: 01/09/2024 Lugar: Andahuaylas"

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.


DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIAGA
QUÍMICO
CQP. 1337

6. RESULTADOS

6.1. Resultados Obtenidos

Tabla N°2: RESULTADOS CONDICIONES DE HABITABILIDAD

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
PH en agua (1:2)	U. pH	6.40
Cond. Elect. 25 °C (1:2)	uS/cm	220.0
Mat. Org. Oxidable.	% p/p	2.20
Humedad	%p/p	25.00

Tabla N°3: RESULTADOS CATIONES CAMBIABLES

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Calcio, Ca	meq/100g	24.00
Magnesio, Mg	meq/100g	1.30
Sodio, Na	meq/100g	1.10
Potasio, K	meq/100g	0.15
Ca/K	Sin Unid.	120.30
Mg/K	Sin Unid.	7.40
(Ca+Mg) /K	Sin Unid.	140.30
Ca/Mg	Sin Unid.	12.55
Capacidad de Intercambio, CIC	meq/100g	28.00
Aluminio y/o H Intercambiable (Al ³⁺ , H ⁺)	meq/100g	< 0.10

Tabla N°4: RESULTADOS MACRONUTRIENTES DEL SUELO

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Fósforo Disponible, P	mg/Kg	21.20
Potasio Disponible, K	mg/Kg	50.00
Nitrógeno Total, N	mg/Kg	804.55

Tabla N°5: RESULTADOS MICRONUTRIENTES

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Hierro, Fe	mg/Kg	14.30
Zinc, Zn	mg/Kg	0.2
Cobre, Cu	mg/Kg	0.50
Manganoso, Mn	mg/Kg	38.05

Tabla N°6: RESULTADOS DE TEXTURA

Muestra	Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural
	% p/p	% p/p	% p/p	
S-2993	40.0	25.0	35.0	Franco Areno Limoso

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO



Diego Romano Vergaray D'Arrigo
QUÍMICO
CQP. 1337

9.5. Anexo E: Imágenes de la investigación.

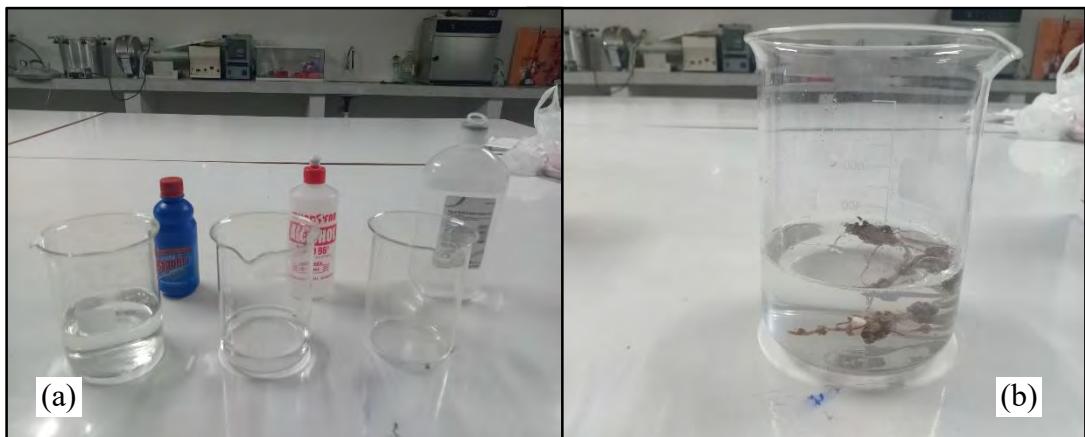
Figura 39

Recolección de nódulos nativos: (a) localidad de Cceñuaran ;(b) localidad. Huinchos



Figura 40

Desinfección de nódulo: (a) materiales desinfección; (b) limpieza de nódulos.



Figuras 41

Preparación de nódulos: (a) triturado de nódulos, (b) siembra de caldo de cultivo.



Figuras 42

Preparación de medio cultivos: (a) pesado de nódulos; (b) distinción de medio de cultivo.



Figuras 43

Preparación de medio cultivos: (a) incubación; (b) conteo de unidades colonias



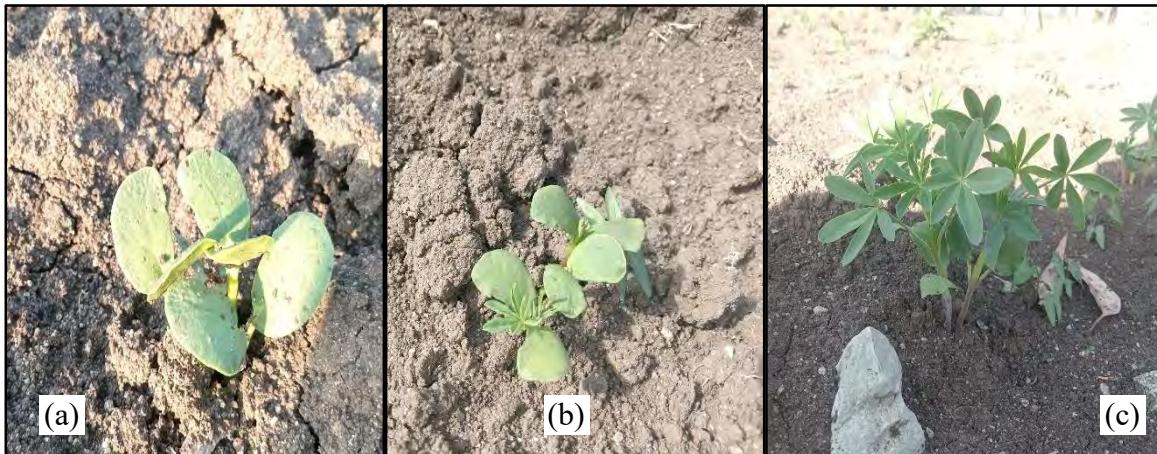
Figuras 44

Siembra e inoculación de tratamientos: (a) inoculante; (b) inoculante de semillas.



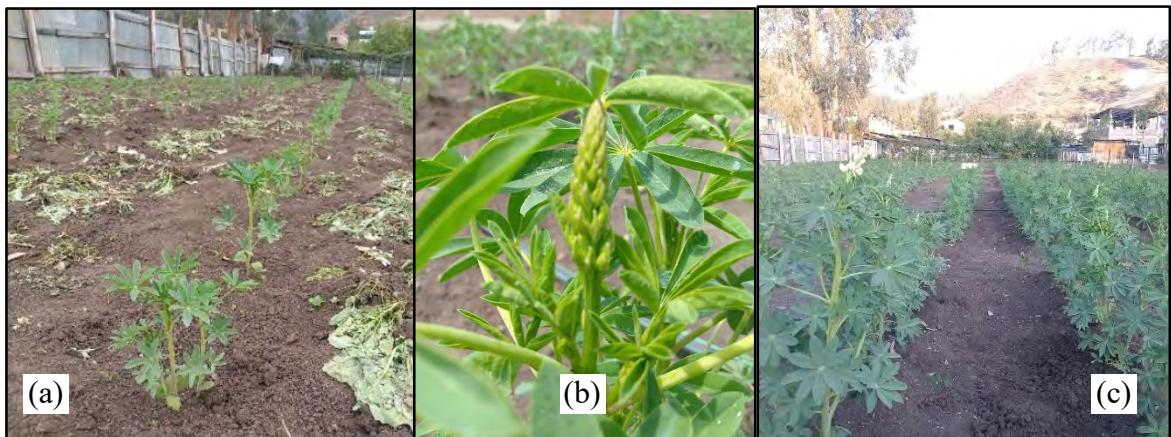
Figuras 45

Crecimiento del tarwi a los: (a) 10 días; (b) 15 días y (c) 27 días después de siembra.



Figuras 46

Crecimiento del tarwi a los: (a) 42 días; (b) 56 días y (c) 66 días después de la siembra



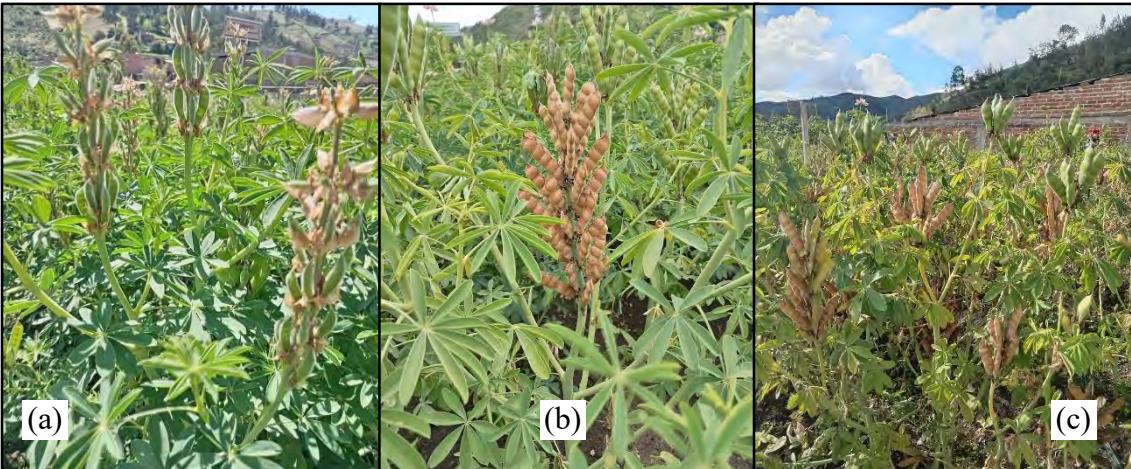
Figuras 47

Crecimiento del tarwi a los: (a) 94 días; (b) formación de vainas principal



Figuras 48

Crecimiento del tarwi a los: (a) 123 días; (b) 139 días y (c) 164 días.



Figuras 49

Cosecha del tarwi a los: (a) y (b) 210 días después de la siembra



Figuras 50

Visita de campo de asesores: (a) asesor principal, (b) asesora secundaria.

