

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



***Rhizobium* y consorcio de hongos micorrícicos arbusculares
(HMA) en el rendimiento de vaina verde de dos variedades de
arveja (*Pisum sativum* L.), Ayacucho, 2750 msnm**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR:

Bach. David Ccente Cerdan

ASESORA:

Dra. Roberta Esquivel Quispe

Ayacucho - Perú

2023

A Dios por darme fortaleza e inspiración en todo el proceso de mi formación académica, y así culminar mi carrera.

Con cariño y gratitud a mis padres Eusebio y Glicería por ser la guía en mi formación y su infinito apoyo.

Con cariño a mis hermanos; Wilian, Gaudencio, Katy, Elias, Yudy y Laura por sus consejos y su infinito apoyo.

David Ccente C.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma mater de mi formación profesional, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a la Escuela Profesional de Agronomía, por haberme formado académicamente y en valores.

A la Dra. Roberta Esquivel Quispe, docente asociada de la Escuela Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias, por su asesoramiento, apoyo, tiempo y paciencia en el desarrollo del trabajo de investigación.

A los miembros del Jurado Dra. Nery Luz Santillana Villanueva, Ing. Eduardo Robles García y MSc. Jorge Luis Huamancusi Morales por sus aportes en la realización de este trabajo de investigación.

Al Proyecto Microorganismos Promotores del Crecimiento Vegetal (PGPR) de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH-FOCAM) por haber proporcionado inoculantes de *Rhizobium*, y al Laboratorio de Agrobiología de la E. P. Agronomía por haber proporcionado el consorcio de HMA y las esporas de *Glomus sp* comercial.

Al Centro Experimental Canaán por facilitar el terreno, agua, materiales de trabajo y brindar seguridad a la parcela de investigación durante la ejecución.

A mis padres, hermanos y amigos por sus apoyos que de alguna forma contribuyeron directa e indirectamente en la materialización del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	ix
Índice de anexos.....	xi
Resumen.....	1
Introducción	2
CAPÍTULO I	4
MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes de la investigación	4
1.2. Cultivo de arveja	5
1.2.1. Origen y distribución	5
1.2.2. Clasificación taxonómica	6
1.2.3. Características botánicas.....	6
1.2.4. Importancia del cultivo.....	7
1.2.5. Variedades	7
1.2.6. Morfología de la arveja.....	9
1.2.7. Requerimiento nutricional	10
1.2.8. Principales plagas	11
1.2.9. Principales enfermedades	12
1.2.10. Manejo agronómico.....	14
1.3. <i>Rhizobium</i>	15
1.3.1. Definición	15
1.3.2. Importancia.....	15
1.3.3. Taxonomía.....	16
1.3.4. Principales especies simbióticas del género <i>Rhizobium</i>	16
1.3.5. Simbiosis leguminosas- <i>Rhizobium</i>	17
1.3.6. Fijación de nitrógeno	17
1.4. Hongos micorrícicos arbusculares (HMA).....	18
1.4.1. Definición	18
1.4.2. Funciones.....	18
1.4.2. Morfología de los hongos micorrícicos arbusculares	18

1.4.3. Proceso de colonización de hongos micorrícicos arbusculares	19
CAPÍTULO II	21
METODOLOGÍA	21
2.1. Ubicación.....	21
2.2. Materiales y equipos.....	22
2.2.1. Materiales biológicos.....	22
2.2.2. Materiales	22
2.2.3. Reactivos	22
2.2.4. Equipos	22
2.3. Problemas específicos	23
2.4. Metodología.....	23
2.4.1. Antecedentes del campo experimental	23
2.4.2. Características físicas y químicas del suelo.....	23
2.5. Características climatológicas	24
2.6. Características de las variedades en estudio.....	28
2.6.1. Variedad Remate	28
2.6.2. Variedad Usui.....	28
2.7. Microorganismos en estudio	29
2.7.1. Rhizobium	29
2.7.2. Consorcio de hongos micorrícicos arbusculares (HMA)	29
2.8. Factores en estudio	29
2.8.1. Variedades de arveja (V).....	29
2.8.2. Microorganismos (M).....	29
2.9. Tratamientos.....	30
2.10. Diseño experimental.....	30
2.11. Características del campo experimental	30
2.12. Variables dependientes evaluadas	32
2.13. Instalación y conducción del experimento	35
2.14. Análisis estadístico	38
CAPÍTULO III.....	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.1. Caracteres de microorganismos en la planta	39
3.1.1. Número de nódulos por planta.....	39
3.1.2. Color de nódulos.....	41

3.1.3. Porcentaje de colonización	42
3.2. Caracteres de productividad	43
3.2.1. Peso seco de la parte aérea	43
3.2.2. Peso seco de la raíz.....	45
3.2.3. Altura de la planta.....	46
3.2.4. Número de vainas por planta.....	48
3.2.5. Número de granos por vaina.....	49
3.2.6. Longitud de vaina	51
3.2.7. Rendimiento de vaina verde	53
3.2.8. Rendimiento de grano verde.....	55
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Composición química del grano de arveja en verde y seco	7
Tabla 1.2. Características de la arveja variedad "Usui"	8
Tabla 1.3. Características de la arveja variedad "Remate"	9
Tabla 1.4. Requerimientos nutricionales de la arveja.....	10
Tabla 1.5. Especies de Rhizobium y planta huésped	16
Tabla 2.1. Resultados de análisis físico-químico de suelo del C.E. Canaán - UNSCH, 2750 msnm.....	24
Tabla 2.2. Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico de la campaña agrícola 2022-2023 según la Estación Meteorológica INIA-Ayacucho	26
Tabla 2.3. Tratamientos aplicados en el experimento	30
Tabla 3.1. Análisis de varianza de número de nódulos de Rhizobium inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de <i>P.</i> <i>sativum</i> . Canaán-Ayacucho 2750 msnm	39
Tabla 3.2. Determinación de color de nódulos en la raíz de arveja	41
Tabla 3.3. Análisis de varianza de porcentaje de colonización de HMA inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de <i>P.</i> <i>sativum</i> . Canaán-Ayacucho 2750 msnm	42
Tabla 3.4. Análisis de varianza de peso seco de parte aérea de la planta inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de <i>P.</i> <i>sativum</i> . Canaán-Ayacucho 2750 msnm	43
Tabla 3.5. Análisis de varianza de peso seco de la raíz inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de <i>P. sativum</i> . Canaán- Ayacucho 2750 msnm	45
Tabla 3.6. Análisis de varianza de altura de la planta inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de <i>P. sativum</i> . Canaán- Ayacucho 2750 msnm	46
Tabla 3.7. Análisis de varianza de número de vainas por planta inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de <i>P. sativum</i> . Canaán-Ayacucho 2750 msnm.....	48
Tabla 3.8. Análisis de varianza de número de granos por vaina inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de <i>P. sativum</i> . Canaán-Ayacucho 2750 msnm.....	49

Tabla 3.9. Análisis de varianza de longitud de vaina inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de <i>P. sativum</i> . Canaán-Ayacucho 2750 msnm.....	51
Tabla 3.10. Análisis de varianza del rendimiento de vaina verde inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de <i>P. sativum</i> . Canaán-Ayacucho 2750 msnm.....	53
Tabla 3.11. Análisis de varianza del rendimiento de grano verde inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de <i>P. sativum</i> . Canaán-Ayacucho 2750 msnm.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Estructuras de hongos arbusculares.....	19
Figura 2.1. Ubicación geográfica de la parcela experimental.....	21
Figura 2.2. Temperatura máxima, mínima, media y balance hídrico de la campaña agrícola 2022-2023 según la Estación Meteorológica de INIA- Ayacucho	27
Figura 2.3. Croquis de la unidad experimental (unidad de medida en metros)	31
Figura 2.4. Croquis del campo experimental (unidad de medida en metros)	32
Figura 3.1. Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el número de nódulos formados por Rhizobium. Canaán-Ayacucho 2750 msnm	40
Figura 3.2. Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el porcentaje de colonización por HMA. Canaán-Ayacucho 2750 msnm.....	42
Figura 3.3. Prueba de Tukey de los efectos principales de variedades de arveja y microorganismos en el peso seco de la parte aérea de la planta. Canaán-Ayacucho 2750 msnm.....	44
Figura 3.4. Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el peso seco de la raíz. Canaán-Ayacucho 2750 msnm	45
Figura 3.5. Prueba de Tukey de los efectos principales de variedades de arveja y microorganismos en altura de la planta. Canaán-Ayacucho 2750 msnm	47
Figura 3.6. Prueba de Tukey de los efectos principales de variedades de arveja y microorganismos en el número de vainas por planta. Canaán-Ayacucho 2750 msnm	48
Figura 3.7. Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en número de granos por vaina. Canaán-Ayacucho 2750 msnm	50
Figura 3.8. Prueba de Tukey de los efectos principales de variedades de arveja y microorganismos en la longitud de vainas. Canaán-Ayacucho 2750 msnm	52

Figura 3.9.	Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el rendimiento de vaina verde. Canaán-Ayacucho 2750 msnm	53
Figura 3.10.	Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el rendimiento de grano verde. Canaán-Ayacucho 2750 msnm	55

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Panel fotográfico	67
Anexo B. Base de datos de las variables evaluadas	75
Anexo C. Cronología de la conducción del experimento en el periodo comprendido entre diciembre de 2022 al marzo de 2023	76
Anexo D. Análisis de caracterización de suelo del Centro Experimental Canaán – UNSCH	77

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Canaán y laboratorio de Agrobiología de la UNSCH, con el objetivo de evaluar la influencia de *Rhizobium*, consorcio de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y la interacción de ambos en el rendimiento de vaina verde de dos variedades de arveja. Para la distribución y evaluación del experimento se utilizó el Diseño de Bloque Completo Randomizado (DBCR) con arreglo factorial 2V (variedades) x 5M (microorganismos y sin microorganismos), 3 repeticiones y un total de 30 unidades experimentales. Se estudiaron la aplicación de consorcio de HMA, *Rhizobium*, consorcio de HMA + *Rhizobium*, testigo y testigo absoluto en dos variedades de arveja (Usui y Remate). Se efectuó el ANVA y la prueba de contraste Tukey. Los tratamientos con la inoculación de consorcio de HMA + *Rhizobium* en ambas variedades reportaron mayor rendimiento en vaina verde 10092.50 kg/ha en Remate y 8560.90 kg/ha en Usui, grano verde con 4633.9 kg/ha en Usui y 4487.3 kg/ha en Remate, así como en longitud de vaina, número de vainas por planta, altura de la planta, peso seco de la parte aérea y radicular. Mayor nodulación presentó los inoculados con *Rhizobium* y mayor porcentaje de colonización de HMA los tratamientos inoculados con el consorcio de HMA; en ambas variedades de arveja.

Palabras clave: *Rhizobium*, HMA, co-inoculación, leguminosa

INTRODUCCIÓN

La arveja es una planta oriunda de Asia Central, Mediterráneo y Etiopía, cultivada desde hace muchos años atrás para el consumo de sus granos secos. Sin embargo, en la actualidad el consumo de arveja en grano verde a aumentado. Esta leguminosa es de gran importancia en poblaciones de América Latina, África, Asia y parte de Europa, debido a que posee un alto contenido de proteína (6.3% en verde y 24.1% en seco) y aminoácidos con alto valor nutricional que se consume en forma fresca, enlatada y como grano (De Ron, 2015).

Además, la arveja cuando forma simbiosis con la bacteria *Rhizobium* tiene una gran capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico y convertirlo en amoníaco (NH_3) permitiendo que suelos pobres obtengan nitrógeno, beneficiando a los cultivos que serán cultivados posteriormente. Estas simbiosis ocurren por la formación de órganos especializados en la raíz conocidos como nódulos, siendo colonizados masivamente por bacterias asociadas que actúan como fábricas de fijación de N_2 , llegando a aportar entre el 60-80% de nitrógeno orgánico al suelo (Masson-Boivin y Sachs, 2018).

Así mismo los hongos micorrícicos estimulan el crecimiento vegetal, mediante la asociación a nivel de las raíces de diversas plantas realizan una relación mutualista formando una estructura denominada micorriza, de las cuales las más importantes son las micorrizas arbusculares. Estos hongos benéficos incrementan la eficacia en la absorción de agua y nutrientes (Hidalgo et al., 2019).

Leppyanen et al. (2021) menciona que la co-inoculación de plantas con hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y bacterias fijadoras de nitrógeno del orden Rhizobiales (rhizobia) tienen un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. Esta influencia se debe al efecto sinérgico de dos microorganismos sobre una planta en un sistema multicomponente. La doble inoculación (hongos micorrícicos arbusculares y

bacterias fijadoras de nitrógeno) genera un efecto positivo de en el crecimiento y desarrollo de las plantas de arveja.

Diversos estudios realizados sobre el efecto de bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrícicos en leguminosas como la arveja y el frijol, comprobaron su importancia sobre el efecto positivo en la productividad de las leguminosas (Leppyanen et al., 2021; Prado, 2021; Hidalgo et al., 2019; Osorio, 2019). No obstante, la relación sinérgica entre dos microorganismos benéficos, así como, los mecanismos subyacentes a la influencia mutua siguen sin comprenderse lo suficiente (Leppyanen et al., 2021).

Por otro lado, bajos rendimientos del cultivo de arveja se deben generalmente a la presencia de bajos niveles de nutrientes en el suelo; para obtener mayores rendimientos es necesario aportar fertilizantes ya sea química u orgánica, en muchos casos elevan los costos de producción, de manera que, los agricultores evitan hacer uso de estos insumos (Suasnabar et al., 2021).

Es indispensable realizar estudios de investigación en condiciones de nuestra región, que determinen la importancia de los microorganismos benéficos y su relación sinérgica en el cultivo de arveja. Esto permitirá el desarrollo de la agricultura de manera sostenible y ecológica con el medio ambiente mediante el uso de microorganismos benéficos (consorcio de HMA y *Rhizobium*) en el cultivo de arveja.

Objetivo general

Evaluar la influencia de *Rhizobium*, consorcio de HMA y la interacción de *Rhizobium* + consorcio de HMA en el rendimiento de vaina verde de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.), bajo condiciones de Ayacucho, 2750 msnm.

Objetivos específicos

1. Determinar la influencia de *Rhizobium* en el rendimiento de vaina verde de arveja (*Pisum sativum* L.) en las variedades Usui y Remate.
2. Determinar la influencia de consorcio de HMA en el rendimiento de vaina verde de arveja (*Pisum sativum* L.) en las variedades Usui y Remate.
3. Determinar la influencia de la interacción de *Rhizobium* + consorcio de HMA en el rendimiento de vaina verde de arveja (*Pisum sativum* L.) en las variedades Usui y Remate.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

Prado (2021) en su trabajo de tesis realizó la evaluación del efecto de la coinoculación de *Burkholderia ubonensis* y *Rhizobium spp.* sobre el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum*) en La Libertad. Para lo cual, preparó inóculos con concentración de 10^9 cel/ml, que fueron formulados como inoculantes en soporte sólido basado en turba. Estos inoculantes fueron agregados a semillas de *P. sativum* cultivar INIA-102 Usui; así mismo, diseñó un experimento en campo con seis tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Realizaron la evaluación de los componentes del rendimiento de *P. sativum*. En conclusión, se determinó que la co-inoculación de *Burkholderia ubonensis* y *Rhizobium spp.* no tiene efecto significativo en el rendimiento de grano verde de *P. sativum*; sin embargo, logró incrementar la masa seca de la parte aérea, el número y formación de vainas y la mejora de los factores de precocidad.

Hidalgo et al. (2019) realizaron una investigación que tuvo por objetivo evaluar el efecto de la coinoculación de *Rhizophagus irregularis* y *Rhizobium sp* sobre el crecimiento de *Phaseolus vulgaris* L. La inoculación se realizó sobre plantas de frijol utilizando ambos microorganismos y se cultivaron en condiciones hidropónicas. Utilizaron parámetros de evaluación para determinar el efecto de los tratamientos sobre *P. vulgaris*. En conclusión, determinaron de que la inoculación conjunta de *Rhizophagus irregularis* y *Rhizobium sp*, favoreció el crecimiento y desarrollo del frijol “Canario”. Así mismo, *Rhizobium sp* promovió el crecimiento (diámetro de tallo, peso seco de la parte aérea, área foliar y contenido de proteínas) así como el rendimiento (número y peso de semilla) en *P. vulgaris*. *Rhizophagus irregularis* promovió mejoras en el rendimiento de las plantas del frijol “Canario”.

Leppyanen et al. (2021) realizaron una investigación que tuvo como propósito evaluar los efectos de la inoculación conjunta de *Pisum sativum* L. con el hongo micorrízico *Rhizophagus irregularis* BEG144 y la cepa de rizobios *R. leguminosarum* bv. viciae RCAM 1026. Para ello, evaluaron el nivel de inducción de marcadores de desarrollo de dos tipos de simbiosis, el grado de micorrización de raíces, así como los parámetros biométricos de las plantas. La investigación se realizó utilizando plántulas de arveja del cultivar Frisson sembradas en condiciones estériles. Como resultado, no se obtuvo un efecto positivo de la doble inoculación en el crecimiento y desarrollo de las plantas de arveja bajo condiciones del experimento. De este resultado se puede inferir que la presencia de competencia de microorganismos por un nicho en la planta, lleva a una disminución en la colonización de micorrizas arbusculares y el nivel de inducción de marcadores que se activan durante el desarrollo de la infección con rizobios.

Osorio (2019) desarrolló un estudio que tuvo por objetivo observar la interacción entre la bacteria *Rhizobium* y las micorrizas en simbiosis conjunto en el cultivo de frejol de palo (*Cajanus cajan*). Se realizó el aislamiento e inoculación de *Rhizobium* en condiciones de laboratorio e invernadero y la inoculación de un consorcio de micorrizas del banco del CIBE, utilizando un diseño completamente al azar con arreglo factorial. Luego de realizar el análisis de varianza de los datos registrados se comprobó que hay una simbiosis *Rhizobium*-micorriza, generando un mayor desempeño en todos los parámetros agronómicos en condiciones de laboratorio de la especie *Cajanus cajan*. Así mismo, la interacción *Rhizobium*-micorriza favoreció la capacidad de esporulación de micorrizas incrementando la cantidad de esporas durante la simbiosis.

1.2. Cultivo de arveja

1.2.1. Origen y distribución

La arveja (*Pisum sativum* L.) fue cultivada desde épocas muy antiguas. Su centro de origen primario se sitúa en Asia Central, Mediterráneo y Etiopía; y como centro de origen secundario se sitúa en el Cercano Oriente. Fue domesticado hace más de 7000 años antes de cristo, exactamente entre Irán, el sudeste de Turquía y el sur de las tierras altas del valle del Jordán. La introducción de esta leguminosa a la región andina fue durante la conquista española, donde logró adaptarse sin problemas, siendo cultivado como variedades nativas y fuente de variabilidad (De Ron, 2015).

La arveja (*Pisum sativum*) es una planta diploide que se ha extendido por todo el mundo debido a la altísima diversidad genética de la especie, permitiendo que esta leguminosa se desarrolle en diferentes regiones y climas del mundo. Los guisantes son una de las 15 legumbres más importantes utilizadas como alimento como cereales secos, cereales verdes o derivados como la harina (Bolaños, 1998).

Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2022) en el Perú más de 20 mil familias se dedican a cultivar arveja. La producción total en el Perú es de 115,262.66 Tn con una extensión de 35,298.40 hectáreas, siendo el principal productor Junín con un total de 26,956.80 toneladas, seguido de Cajamarca (21,882.16 Tn), Huancavelica (18,799.80 t), Huánuco (11,375.50 Tn) y Arequipa (10,633.29 Tn).

1.2.2. Clasificación taxonómica

(Vilcapoma, 1991, citado por Sollier, 2019) muestra la clasificación taxonómica de la arveja de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Sub clase: Dicotyledonae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Faboideae

Tribu: Vicia

Género: *Pisum*

Nombre científico: *Pisum sativum* L.

Nombre común: Arveja, guisante, chícharo

1.2.3. Características botánicas

El órgano tradicional de consumo de esta especie es su semilla o grano inmaduro, formado por el embrión y su testa protector. El embrión tiene dos grandes cotiledones, radícula, plúmula, hipo y epicotilo y primordios foliares. Los cotiledones asimilan la reserva y constituyen aproximadamente el 90% de la masa de la semilla en el momento de la madurez fisiológica. Los granos próximos a la madurez fisiológica tienen las características hortícolas necesarias: granos redondeados, tamaño casi máximo para la

variedad, color verde claro, firmes y más o menos dulces (Castrillón, 2010, párrafo quinto).

1.2.4. Importancia del cultivo

La arveja (*Pisum sativum* L.), se produce generalmente en la sierra del país. Es un cultivo muy requerido por su alto valor nutricional, presentando altos contenidos de proteínas y minerales, tales como hierro, fósforo y calcio; así mismo, contiene vitaminas (Suasnabar et al., 2021, p.15).

Del grupo de las dicotiledóneas, las leguminosas son una de las principales plantas en ser bien aprovechados en la alimentación, utilizadas como hortaliza, grano seco o en productos elaborados como harinas (Arevalo, 2013).

Este cultivo proporciona frutos que son “una de las fuentes principales en la alimentación humana, aportando una cantidad considerable de proteína entre 5 a 7%” (Prado, 2008). En la siguiente tabla nos muestra la composición química del grano de arveja.

Tabla 1.1

Composición química del grano de arveja en verde y seco

Componente	Estado	
	Verde %	Seco %
Agua	70 – 75	10 – 12
Proteína	5,0 – 7,0	20 – 23
Carbohidratos	14 - 18	61 – 63
Grasa	0,2 – 0,4	1,5 – 2,0
Fibra	2,0 – 3,0	5,0 – 7,0
Cenizas	0,5 – 1,0	2,6 – 3,0

Nota: Prado (2008).

1.2.5. Variedades

Usui. Esta variedad se cultiva principalmente en Cajamarca, Junín, Lambayeque, Ancash y Lima. Presenta un tipo de crecimiento indeterminado, con grano de forma esférica y lisa. El peso de 100 semillas varía entre 30 y 35 gramos, de periodo vegetativo semi precoz. Alcanza una altura de hasta 1,27 m, con un ciclo vegetativo de 120 y 130 días. Esta variedad se adapta correctamente a los diferentes climas del Perú, presenta un buen

sabor y color, que son los parámetros indispensables para una buena comercialización. Es tolerante al “oidium” (*Erysiphe polygoni*) y reacciona eficientemente al ataque de otras enfermedades (Suasnabar et al., 2021).

Tabla 1.2

Características de la arveja variedad "Usui"

CARACTERÍSTICAS	
Días de floración	72 días
Cosecha en vaina verde	125 días
Cosecha en grano seco	145 días
Altura de la planta	1.40 m
Longitud de la vaina	10-12 cm
Nº de granos por vaina	8 a 9
Superficie del grano	Liso
Color de grano en seco	Crema verdosa
Rendimiento en vaina verde (Con tutoraje)	10 t/ha
Rendimiento en vaina verde (Sin tutoraje)	6 300 kg/ha
Rendimiento en grano seco (Con tutoraje)	2 t/ha
Rendimiento en grano seco (Sin tutoraje)	1 600 kg/ha

Nota: Suasnabar et al. (2021).

Remate. Se logró a través del Programa Prociandino, mediante un proceso de selección, dentro de un conjunto de líneas y variedades exóticas introducidas. La selección se llevó a cabo por el Programa Nacional de Investigación en Hortalizas (INIA). Se desarrollaron entre 1988 y el 2002 conduciendo a la selección del nuevo cultivar “INIA 103 REMATE”. Este cultivar se adapta a una altitud de 1600 hasta 3300 msnm; con un clima óptimo: 15 °C y 18 °C; requerimientos edafológicos: Franco arenoso; densidad de siembra: 70 kg/ha; método de siembra: a chorro continuo y golpe; época de siembra: setiembre – diciembre; hábito de crecimiento indeterminado semipostrado. Es una planta de medio enrame que se adapta a la implementación del tutoraje en espaldera. Se recomienda la fórmula de fertilización: 40-80-60 N.P.K. En cuanto a plagas y enfermedades se muestran el gusano de tierra, mosca minadora y antracnosis. Se puede utilizar para el consumo en fresco y para el procesamiento en grano seco partido. Es una variedad muy utilizada por los agricultores de la sierra, por presentar altos rendimiento, calidad culinaria y amplia adaptación (Suasnabar et al., 2021, p.44).

Tabla 1.3*Características de la arveja variedad "Remate"*

CARACTERÍSTICAS	
Días de floración	80 días
Cosecha en vaina verde	130 días
Cosecha en grano seco	150 días
Altura de la planta	1.55 m
Longitud de la vaina	7 a 8 cm
Nº de vainas por planta	23
Nº de granos por vaina	8
Superficie del grano	Liso, redondo
Color de grano en seco	Crema
Tamaño de grano	7 mm
Rendimiento en vaina verde (Con tutoraje)	10 t/ha
Rendimiento en vaina verde (Sin tutoraje)	6 500 kg/ha
Rendimiento en grano seco (Con tutoraje)	2 t/ha
Rendimiento en grano seco (Sin tutoraje)	1 600 kg/ha

Nota: Suasnabar et al. (2021).

1.2.6. Morfología de la arveja

Raíz. La arveja tiene una raíz pivotante, quien posee una raíz principal muy fuerte y numerosas raicillas secundarias, estas a su vez, desarrollan unas finas raíces terciarias dándole característica de un sistema radicular fasciculado (Huamanchay, 2013).

Tallo. Son largos, delgados y huecos por dentro. La arveja se puede clasificar de acuerdo al tamaño de los tallos en: variedades bajas que llegan hasta 45 centímetros; variedades de medio enrame, que crecen postradas y llegan hasta 70 centímetros de alto y las variedades de enrame que llegan a medir hasta 2 metros y necesitan de tutores (Huamanchay, 2013).

Hoja. En el crecimiento de la planta, las dos primeras hojas son denominadas “brácteas trifidas”, las que se forman inmediatamente sobre el nudo cotiledonar, pudiendo ser subterráneas o aéreas. Las verdaderas hojas son compuestas, alternas y paripinnadas; las hojas inferiores son bifoliadas, característica que va progresando hacia la parte superior de las ramas donde se puede observar hasta seis folíolos de forma ovalada, margen entera

o dentada, el extremo del raquis termina formando unas estructuras delgadas (hojas modificadas) denominadas zarcillos, simples o ramificados, de tamaño mayor que el pecíolo, los que tienen la característica de ser sensible y pre sensibles (Suasnabar et al., 2021, p.22).

Flor. El cultivo de arveja posee el tipo de polinización autógama (donde en una planta los granos de polen de las anteras se transfieren al estigma de la misma flor de la misma planta). La morfología floral de la arveja comprende las partes que constituyen una flor de arveja son el estandarte, alas, quilla, el ovario conteniendo los óvulos y los estambres más anteras (Nicho, 2018).

Vaina y el grano. Los frutos de la arveja son vainas o legumbres ligeramente curvadas, más o menos gruesas, en cuyo interior se encuentran los granos. Cada vaina contiene de 4 a 10 granos. Cuando se secan, los granos y semillas son esféricos, blancos, de color crema o verde claro; Pueden ser arrugado o lisos (Huamanchay, 2013).

Semilla. Tienen forma esférica o angular y varían en diámetro, lo que determina el tamaño de las semillas; los granos pequeños, menores a 8 mm; grano medio, 8-10 mm; grano grande, superiores a 10 mm. Superficie lisa o rugosa, de color blanco lechoso, verde claro, azul verdoso, gris o amarillo pálido, hiliun pequeño y ovalado de color claro o negro, según la variedad (Suasnabar et al., 2021)

1.2.7. Requerimiento nutricional

“La arveja (*Pisum sativum* L.) es una especie que produce granos con un elevado valor proteico (20 al 24 %), siendo muy exigente en la nutrición nitrogenada” (Ferraris y Couretot, 2014). Los requerimientos nutricionales son descritos en la siguiente tabla.

Tabla 1.4

Requerimientos nutricionales de la arveja

Nutriente	Kg/Ton producida
Nitrógeno (N)	42
Fósforo (P)	05
Potasio (K)	24
Magnesio (Mg)	04
Azufre (S)	02

Nota: Ferraris y Couretot (2014).

1.2.8. Principales plagas

Según Suasnabar et al. (2021), las principales plagas que atacan al cultivo de arveja o guisante, son las siguientes:

- Gusano picador *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). Esta es una plaga cada vez más importante para el maíz, sin embargo, también ataca a los guisantes, considerándose como plagas potenciales. Se distribuye por todo el continente americano y en Perú se puede encontrar a lo largo de la costa, en valles calidos de la sierra y en selva alta (Suasnabar et al., 2021, p.98).
- Gusanos cortadores o gusanos de tierra (*Agrotis ipsilon*, *Agrotis malefida*, *Agrotis subterranea*). Cuando se cultiva arveja, el daño se produce durante la primera etapa del cultivo, cuando se cortan las plántulas recién emergidas, lo que reduce el número de plantas por hectárea. Se distribuye por todo el mundo, y en el Perú se encuentra en todas las zonas donde hay huéspedes (Suasnabar et al., 2021, p.100).
- Escarabajos verdes de la hoja (*Diabrotica viridula*, *Diabrotica speciosa*, *Diabrotica decempunctata*). Se trata de plagas secundarias y generalmente no causan daños económicamente significativos. En nuestro país se encuentran repartidos en tres regiones naturales (Walsh, 2003).
- Mosca minadora de las hojas (*Liriomyza huidobrensis*). El daño es causado por adultos y larvas, sin embargo, el daño principal lo causan las larvas. Los "picaduras" que hacen las hembras adultas durante la ovoposición y en alimentación no tienen importancia económica. En cambio, las larvas se alimentan del parénquima formando galerías y minas que luego se secan o se necrosan, reduciendo la superficie de la hoja, pero también interfieren con el proceso fotosintético de la planta huésped y, en última instancia, reducen la producción del cultivo, lo que genera pérdidas económicas (Suasnabar et al., 2021, p.112).
- Áfidos o pulgones (*Myzus persicae*). Causan daños al succionar el floema, y la planta se debilita y deja de crecer por falta de nutrientes. Las proteínas del jugo se concentran en la cámara filtradora y los azúcares excretados interfieren en la fotosíntesis. Las toxinas de la saliva deforman las hojas (Suasnabar et al., 2021, p.120).
- Mosca blanca del tabaco (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*). Causado por adultos y ninfas. El daño directo se produce al succionar la savia para nutrirse, lo que reduce el vigor de las plantas y afecta la productividad a nivel del cultivo. Si la infección es grave aparecerán síntomas como la coloración amarillenta y sequedad de

las hojas. El daño indirecto es causado por brotes de hongos que producen fumagina en la melaza excretada por los insectos, inhibiendo la fotosíntesis (Suasnabar et al., 2021, p.125).

- Arañita roja (*Tetranychus cinnabarinus*). El daño se produce cuando se alimentan introduciendo su estilete en la hoja para succionar el contenido celular, provocando manchas amarillas en la superficie y sequedad, que también afecta a las vainas. Las infestaciones graves pueden provocar la caída de las hojas y reducir los rendimientos (Suasnabar et al., 2021, p.131).

1.2.9. Principales enfermedades

Sáenz (2020), manifiesta sobre la presencia de enfermedades en diferentes etapas vegetativas del cultivo de arveja:

La aparición de enfermedades en la arveja ocurre en todas las etapas vegetativas del cultivo, aumentando de 3,4% en el desarrollo vegetativo del cultivo hasta el llenado de las vainas, con niveles de daño que alcanzan el 18,08%.

En las primeras etapas del cultivo se observa la presencia de las siguientes enfermedades como Damping off y Fusarium las mismas que reducen la capacidad de crecimiento de las plántulas de arveja.

Para la etapa vegetativa de floración en el cultivo de arveja se observan la presencia de Fusarium, Oídium y Tizón.

La antracnosis. También llamada, mancha de ascochyta está compuesta por un trío de hongos (*Ascochyta pisi*) que sobreviven durante los meses de invierno en los restos vegetales o se introducen durante la temporada de siembra en las semillas de legumbres infectadas. Por lo general, los síntomas de la antracnosis son:

- Pequeñas manchas irregulares de color marrón en las hojas inferiores, los tallos y los zarcillos.
- Podredumbre basal del tallo.
- Las lesiones de la base debilitan el tallo, provocando el encamado del cultivo y la pérdida de rendimiento (Newholland, 2022, párrafo tercero).

Pudrición de la raíz. La pudrición de la raíz, causada por diversos hongos (*Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*), es otra de las enfermedades comunes de la arveja. Esto empeora en suelos fríos y húmedos. Las semillas se ablandan y se pudren, pero las plántulas fracasan debido a daños en el tallo. En general, los síntomas de la pudrición de la raíz son:

- Manchas de color marrón rojizo a negro en las raíces primarias y secundarias.
- Estas rayas se unen en etapas posteriores, formando una banda circular en la parte inferior del tallo.
- Crecimiento atrofiado, el amarillamiento y la necrosis en la base.

Para prevenir la pudrición de la raíz de los guisantes, considere comprar semillas libres de enfermedades o semillas que hayan sido tratadas previamente con fungicidas. Además, es importante rotar los cultivos y sembrar con un espaciamiento adecuado en un suelo bien drenado. También se recomienda no regar en exceso (Newholland, 2022, párrafo quinto).

La roya del guisante. Es causada por el hongo biotrófico obligado *Uromyces pisi*, que ataca la parte aérea de la planta como hojas, tallos, pecíolos y a veces las vainas. En condiciones favorables, las pérdidas de cultivos pueden ser elevadas (Barilli, 2007).

La oidiosis. Se presenta en la costa y en zonas montañosas (sierra), síntomas muy severos durante se manifiestan en la fructificación y envejecimiento del cultivo. La oidiosis es la enfermedad de las plantas más común y extendida.

Es causado por el hongo *Erysiphe poligoni*, Ocurre en la superficie del huésped; un micelio raro conformado por conidios (oidea) en forma de barril, rara vez se produce los cleistotecios globosos; sin embargo, cuando se presentan, pueden aparecer agrupados o dispersos (Suasnabar et al., 2021, p. 82).

Los mildius. Estos son patógenos que atacan principalmente las hojas de las plantas y se propagan muy rápidamente atacando el tejido verde, joven y suave de las plantas, como hojas, ramas y vainas. Es causado por *Peronospora viciae* (Suasnabar et al., 2021, p. 84). En las plántulas germinadas se presentan síntomas sistémicos que se vuelven marrones y deformes. En los órganos afectados se observa una erupción cutánea de color plomo, que representa esporulación fúngica (signo). En el haz de las hojas inferiores hay grandes

manchas de color amarillo pálido, y en el envés de estas hojas hay zonas afelpadas de color grisáceo formadas por la fructificación de hongos (esporangioforos y esporangios) como caracteres. En casos severos, también se pueden observar síntomas en el lado adaxial de la hoja (Velazquez, 2015).

1.2.10. Manejo agronómico

Según INIA(2020) y SENASA(2020) para hacer un correcto manejo del cultivo, se recomienda tener en consideración las siguientes actividades:

Época de siembra. La mejor época para sembrar es de septiembre a diciembre (INIA, 2004).

Selección de semillas. Asegúrese de que las semillas estén sanas antes de sembrar. Desinfectar las semillas y guárdalas adecuadamente en un área bien ventilada (INIA, 2020).

Tipo de siembra. La siembra se realiza preferentemente en lomo del surco, ya que este sistema facilita el riego de los cultivos. La distancia entre surcos debe estar entre 0,8 m a 1,0 m (INIA, 2020).

Abonamiento. INIA(2020) recomienda la aplicación de 10 toneladas por hectárea de materia orgánica (humus, compost entre otros).

La dosis de fertilización depende del análisis de suelo. Pero se recomienda una fertilización de 40 – 80 – 60 de NPK.

Aporque. Esta labor se realiza a los 45 días después de la siembra, lo que mejora la estabilidad del cultivo, además aumenta la aireación del sistema radicular y mantiene el campo libre de malezas (INIA, 2004).

Riego. Se debe evitar riego excesivo (pesado) por inundación, especialmente en suelos pobres en drenaje.

Cosecha. Realizar en el momento adecuado evitará la infección de las vainas y la posterior propagación de enfermedades (INIA, 2020).

Control de maleza. Los métodos de control de malezas más utilizados en el cultivo de arveja son:

- Control cultural: eliminación de las malezas cuando éstas ya aparecieron en el campo ya sea de manera manual o mecánica.
- Control químico: se hace uso de herbicidas autorizados por el SENASA, es recomendable rotar los herbicidas utilizados para evitar que las malezas generen alguna resistencia al producto

Debido a la alta competencia sobre la arveja, se recomienda mantener el campo libre de arvenses durante los primeros 45 días después de la siembra (SENASA, 2020, p.6).

Uso de tutores. Se pueden lograr mayores rendimientos y mejor calidad utilizando soportes al cultivar algunas variedades de arveja. Manejar las plantas según este sistema permite un mejor uso de la luz solar, control más eficiente de plagas y enfermedades, y una cosecha más fácil (SENASA, 2020, p.6).

Cosecha. La recolección de las vainas en verde se realiza manualmente; el cual se inicia a partir de los 80 días de la siembra. Por otro lado, para la cosecha del grano seco, se realiza cortando la planta al ras del suelo (INIA, 2020).

1.3. *Rhizobium*

1.3.1. *Definición*

Las bacterias del género *Rhizobium* son un grupo de bacterias simbióticas que permiten a las plantas utilizar nitrógeno molecular de la atmósfera, pueden formar relaciones simbióticas con algunas especies de leguminosas como la soja y los frijoles. Estas bacterias viven en las raíces formando nódulos (Leon et al., 2019).

1.3.2. *Importancia*

Las bacterias del género *Rhizobium* son los microorganismos que tienen la capacidad de fijar el nitrógeno molecular y ponerlo a disposición, las cuales pueden ser aprovechadas por las plantas. Existe una relación mutualista entre los rizobios y sus plantas huéspedes; esto se da mediante la integración de las vías metabólicas de la fijación (bacteroides) y de la asimilación (planta hospedera) del nitrógeno. La especie *Rhizobium Leguminosarum* forma eficientemente nódulos no sólo en las lentejas sino también en vicia y arveja. Los

rizobios estimulan la germinación de las semillas y promueven el crecimiento de las plantas y el rápido desarrollo de las raíces (Moreno et al., 2016).

1.3.3. Taxonomía

Sawada et al. (2003) clasifica el género *Rhizobium* de la siguiente manera.

Dominio: Bacteria

Filo: Proteobacteria

Clase: Alphaproteobacteria

Orden: Rhizobiales

Familia: Rhizobiaceae

Género: *Rhizobium*

1.3.4. Principales especies simbióticas del género *Rhizobium*

Tabla 1.5

Especies de Rhizobium y planta huésped

Bacteria	Géneros hospedantes
<i>Rhizobium etli</i>	bv. <i>phaseoli</i> <i>Phaseolus</i> (judía)
	bv. <i>Trifolii</i> <i>Trifolium</i> (trébol)
<i>Rhizobium leguminosarum</i>	bv. <i>phaseoli</i> <i>Phaseolus</i> (judía)
	bv. <i>viceae</i> <i>Lathyrus</i> (almorta), <i>Lens</i> (lentejas), <i>Pisum</i> (guisante), <i>Vicia</i> (haba)
<i>Rhizobium tropici</i> <i>Phaseolus</i> (judía), <i>Leucaena</i>
<i>Rhizobium gallicum</i>	bv. <i>gallicum</i> <i>Phaseolus</i> (judía), <i>Onobrychis</i> (esparceta)
	bv. <i>phaseoli</i> <i>Phaseolus</i> (judía)
<i>Rhizobium giardinii</i>	bv. <i>giardinii</i> <i>Phaseolus</i> (judía), <i>Leucaena</i> (mimosa)
	bv. <i>phaseoli</i> <i>Phaseolus</i> (judía)

Nota: Rodiño et al. (2019).

Según Jimenes (2021) el complejo de especies que conforman el género de *Rhizobium* es muy amplio, las especies de mayor incidencia e importancia para la comunidad científica en estudios relacionados con la nodulación, fijación de nitrógeno, metabolismo, biofertilizantes y genes de importancia en la mejora de la rizosfera de especies vegetales son: *Rhizobium leguminosarum*, *Rhizobium etli* y *Rhizobium phaseoli*.

1.3.5. Simbiosis leguminosas-Rhizobium

Se necesitan medios alternativos para suministrar nitrógeno a los cultivos, el uso de la fijación biológica de nitrógeno parece ser una opción lógica. Gracias a su simbiosis fijadora de nitrógeno con los rizobios, las leguminosas se utilizan en la mayoría de los sistemas agrícolas del mundo (Pankievicz et al., 2019).

Según Spagnoletti et al. (2009, Citado en Osorio, 2019) “Uno de los temas de mayor interés es el beneficio que promueve la asociación entre *Rhizobium* y leguminosas, la interrelación mejora la fijación de fósforo y nitrógeno, así como la asimilación de los bioelementos secundarios por la especie vegetal”.

A diferencia de la mayoría de las plantas terrestres, las leguminosas pueden formar nódulos simbióticos con bacterias fijadoras de nitrógeno. La formación de nódulos fijadores de nitrógeno en las raíces de las leguminosas requiere coordinación de infección rizobiana en la epidermis de la raíz con la división celular en la corteza (Yang et al., 2022).

1.3.6. Fijación de nitrógeno

El nitrógeno (N₂) es el compuesto que se encuentra en mayor porcentaje en la atmósfera; esta forma química no es asimilable por las plantas. Este nitrógeno (N₂) puede ser aprovechado mediante el cambio químico de nitrógeno molecular a formas asimilables a través de la fijación biológica de nitrógeno realizada por algunos seres vivos. Para realizar este proceso se requiere de la enzima nitrogenasa, que es un complejo enzimático, compuesto por dos melanoproteínas, una ferroproteína o nitrogenasa reductasa, y una molibdoferroproteína o nitrogenasa. La enzima nitrogenasa es muy sensible a la presencia de oxígeno, pudiendo inactivar su función, por lo cual muchas bacterias sólo sintetizan esta enzima bajo condiciones de tensiones de oxígeno bajas. Se conocen como diazótrofos a los microorganismos que poseen nitrogenasa y son capaces de utilizarla para lograr la fijación del nitrógeno (Flores, 2018, p.24).

“Los nódulos albergan los rizobios fijadores de nitrógeno en estructuras parecidas a organelos conocidas como simbiosomas, que permiten la fijación de nitrógeno y facilitan el intercambio de metabolitos entre el huésped y simbiosomas” (Yang et al., 2022).

1.4. Hongos micorrícicos arbusculares (HMA)

1.4.1. Definición

Para Sánchez (2015), los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) “son organismos simbióticos que se encuentran en gran cantidad en el subsuelo”.

Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) son organismos del suelo que viven en simbiosis con la mayoría de las plantas. Ofrecen las siguientes ventajas sobre las plantas sin micorizas; facilitan la absorción de nutrientes menos disponibles o menos móviles en el suelo, evitan la acción de microorganismos patógenos de las raíces y aumentan la tolerancia en condiciones de estrés abiótico (Berdugo, 2009, pp. 123-132).

1.4.2. Funciones

Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) sirven como conexiones funcionales suelo-planta, permitiendo que las plantas se adapten a situaciones de stress causadas por condiciones de suelo y clima desfavorables (Arancibia et al., 2022).

Para Restrepo et al. (2019) “los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) se destacan por su función ecológica de desbloquear y solubilizar los nutrientes del suelo y por su influencia en la estabilidad de los ecosistemas, donde las condiciones edáficas son extremas” (pp. 35-44).

Las micorizas arbusculares favorecen el crecimiento de las plantas. La colonización micorrícica provoca cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos en las raíces, mejorando el estado general de la planta y reduciendo estrés abiótico (metales pesados, salinidad) y bióticas (invasión de patógenos, cambios microbianos en la rizosfera) (INCA, 2016, p.44).

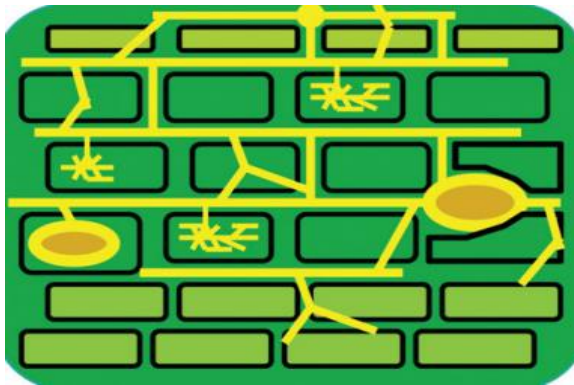
1.4.2. Morfología de los hongos micorrícicos arbusculares

El HMA tiene hifas, que son filamentos tubulares, y micelio, un grupo de hifas que forma el cuerpo del hongo. Una de las características principales es el arbusculo, esta es una estructura de colonización típica que este hongo desarrolla dentro de las células de la corteza de la raíz mediante la bifurcación repetida de las hifas (Veloz, 2022, p.9).

Los hongos micorrícicos arbusculares se clasifican como endomicorrizas. Este grupo de hongos no forma una red de Hartig ni su manto y se caracteriza porque las hifas pueden penetrar las raíces y penetrar las células para formar dos tipos de estructuras. Su característica principal es una estructura llamada arbusculo, que se forma cerca de los haces vasculares de las plantas mediante numerosas bifurcaciones consecutivas de hifas, y tiene la función de transferir nutrientes hacia y desde la planta. La segunda estructura se llama vesícula y puede estar presente o no en algunos hongos. La forma es de ovalada a esférica; se forma entre o dentro de las células de la raíz y actúa como depósito de nutrientes (Andrade, 2010, p.87).

Figura 1.1

Estructuras de hongos arbusculares



Nota: Andrade, 2010.

1.4.3. Proceso de colonización de hongos micorrícicos arbusculares

Desde la germinación de las estructuras de reproducción hasta el desarrollo y colonización de los HMA suceden varias etapas y/o procesos.

Pre-Infeción. Las esporas, hifas o fragmentos de raíces colonizadas son un tipo de estructuras reproductivas que se encuentra en el suelo, la germinación de dichas estructuras está influenciada por factores fisicoquímicos como O₂, CO₂, temperatura, humedad, pH, fuentes de nutrientes y su disponibilidad, y el efecto fungistático del suelo (Saparrat et al., 2020).

Infeción primaria. “La formación de aparatos de pre-penetración es precedida por la formación del apresorio que es una hinchazón de la hifa que se adjunta a la epidermis de la planta huésped para iniciar la colonización” (Saparrat et al., 2020, p.18).

Formación de arbusculos y vesículas. El crecimiento de las hifas está restringido a la epidermis y parénquima cortical, donde se desarrollarán los arbusculos. Una vez formada los arbusculos, las vesículas intercelulares son formadas especies de hongos micorrízico arbusculares, ya sea en posición apical o intercalar, cuya función es el almacenamiento de lípidos, fósforo y otros elementos químicos, pero que también pueden actuar como estructuras de propagación vegetativa ya que poseen numerosos núcleos (Saparrat et al., 2020).

Extensión del hongo en las raíces y en la rizosfera. Para Saparrat et al. (2020) hay tres fases en la que se divide la extensión del hongo en la raíz. La primera es la **fase inicial** durante la cual se produce la infección primaria. En la **fase exponencial** el hongo se propaga inter- e intracelularmente, en especial en las raíces secundarias finas, de manera que el hongo crece más rápido que la raíz. **La fase meseta** en esta fase el crecimiento de la raíz y el hongo son similares. En las fases exponenciales y de meseta la formación y degradación de los arbusculos y las vesículas son continuos.

Formación de estructuras reproductivas. “En esta etapa final los hongos micorrízicos arbusculares forman esporas a partir de las hifas del micelio externo” (Saparrat et al., 2020).

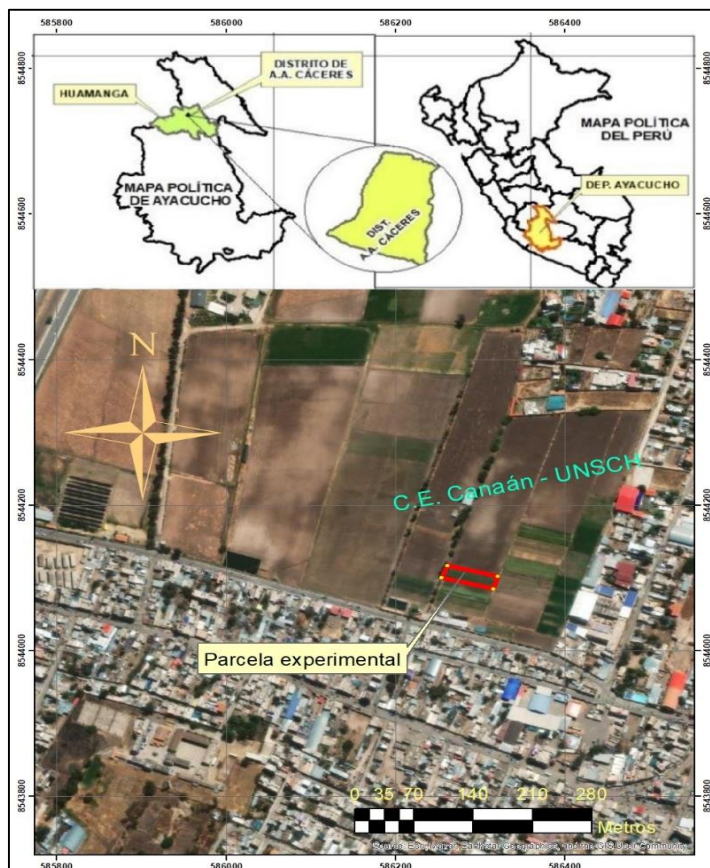
CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. Ubicación

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Agrobiología AD 411 de la Escuela Profesional de Agronomía de la UNSCH, ubicado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho, y en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, situada en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho a una altitud de 2750 msnm. Encontrándose entre las coordenadas geográficas de 13°10'05" Latitud Sur y 74°12'14" Longitud Oeste.

Figura 2.1

Ubicación geográfica de la parcela experimental



2.2. Materiales y equipos

2.2.1. *Materiales biológicos*

- Semillas de arveja (var. Remate y var. Usui)
- Consorcio de HMA
- *Glomus sp* comercial
- *Rhizobium*
- Fungicida biológico comercial (Trichops)

2.2.2. *Materiales*

- Abono Moe
- Carrizo
- Estacas de madera
- Rafia y costales
- Conectores de cinta de riego
- Regla
- Flexómetro
- Balanza de precisión electrónica
- Bolsas de plástico
- Bio-Ajo (insecticida)
- Tubos de prueba
- Gradillas
- Vaso precipitado

2.2.3. *Reactivos*

- Ácido clorhídrico
- Hidróxido de potasio
- Solución de Tripano
- Peróxido de hidrogeno
- Solución de Lacto glicerol

2.2.4. *Equipos*

- Microscopio estereoscopio
- Estufa

- Autoclave
- Baño maría

2.3. Problemas específicos

1. ¿El *Rhizobium* influye en el rendimiento de vaina verde de arveja (*Pisum sativum* L.) en las variedades Usui y Remate?
2. ¿El consorcio de HMA influyen en el rendimiento de vaina verde de arveja (*Pisum sativum* L.) en las variedades Usui y Remate?
3. La interacción de *Rhizobium* + consorcio de HMA influyen en el rendimiento de vaina verde de arveja (*Pisum sativum* L.) en las variedades Usui y Remate?

2.4. Metodología

2.4.1. Antecedentes del campo experimental

La parcela donde se realizó el presente trabajo experimental, anteriormente estuvo ocupada por cultivo de cebolla china.

2.4.2. Características físicas y químicas del suelo

Para determinar las características físicas y químicas del suelo de la parcela experimental, se realizó el muestreo del suelo en dicha parcela, tomando 15 sub muestras de la capa superficial a una profundidad de 20 cm, recorriendo el campo en zig zag, de los cuales a través del método del cuarteo se obtuvo una muestra representativa de 1 kg de peso, posteriormente fueron remitidas para su análisis respectivo al Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Tabla 2.1*Resultados de análisis físico-químico de suelo del C.E. Canaán - UNSCH, 2750 msnm*

	Componentes	Contenido	Interpretación
Químicos	Materia orgánica (%)	2.14	Medio
	N total (%)	0.11	Medio
	P total (ppm)	21.1	Alto
	K disponible (ppm)	176.4	Medio
	pH	7.37	Ligeramente alcalino
	CIC	18.0	Medio
Físicos	Arena (%)	41.8	
	Limo (%)	17.3	Arcilloso
	Arcilla (%)	40.9	
	Clase textural	Arcilloso	

Nota: Laboratorio de Suelos "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la UNSCH.

De los resultados del análisis físico-químicas del suelo (tabla 2.1), se puede afirmar que el suelo del lugar del experimento acuerdo a los criterios señalados por Ibáñez y Aguirre (1983), posee un pH ligeramente alcalino (PH = 7.37), contenido de materia orgánica (2.14%) y nitrógeno total (0.11%) medio, el contenido de fósforo disponible (21.1 ppm) alto, potasio disponible (176.4) medio y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 18. Según el análisis físico, el suelo es clasificado como un suelo de textura arcilloso. Por las características físicas y químicas que presenta, este suelo es considerado apropiado para el cultivo de arveja.

A partir de los resultados de análisis se calculó la fórmula de abonamiento de 165-00-00 de NPK, empleándose para ello las fuentes de abonamiento orgánico: abono comercial Moe con riqueza nutricional de 32% de materia orgánica, 1.5% de nitrógeno, 5% de fósforo, 3.85% de potasio, 10.9% de calcio, 1.93% de magnesio. Con una dosis de 3.8 Tn/ha.

2.5. Características climatológicas

Los datos climatológicos fueron registrados y proporcionados por la Estación Meteorológica de INIA-Ayacucho, propiedad de la oficina OPEMAN del Gobierno Regional de Ayacucho, ubicado a una altitud de 2735 msnm, situado entre las coordenadas de 74°12'82" Longitud Oeste y 13°10'09" Latitud Sur, encontrándose en el

distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho.

A lo largo del periodo vegetativo del cultivo de arveja la temperatura promedio máxima, media y mínima fue de 24.3°C, 17.80°C y 11.3°C, respectivamente. La precipitación total anual fue de 457.20 mm.

De acuerdo al balance hídrico como se muestra en la figura 2.2, las condiciones de humedad se presentaron en los meses de diciembre de 2022; enero, febrero y marzo de 2023. Y un déficit de humedad desde mayo a noviembre del 2022.

Durante el periodo vegetativo de la planta en los meses de diciembre del 2022, enero, febrero y marzo del 2023 las precipitaciones fueron de 73 mm, 84.2 mm, 159.2 mm y 58.3 mm respectivamente.

En el transcurso de la ejecución de la investigación (campo), la humedad relativa se presentó de la siguiente forma, diciembre, 76.84%; enero, 75.77%; febrero 75.31% y marzo 75.49% de humedad.

El balance hídrico y las características meteorológicas se presentan en la tabla 2.2 y figura 2.2 respectivamente.

Tabla 2.2

Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico de la campaña agrícola 2022 - 2023 según la Estación Meteorológica INIA - Ayacucho

Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray

Altitud : 2735 msnm

Provincia : Huamanga

Latitud : 13° 10' 09" S

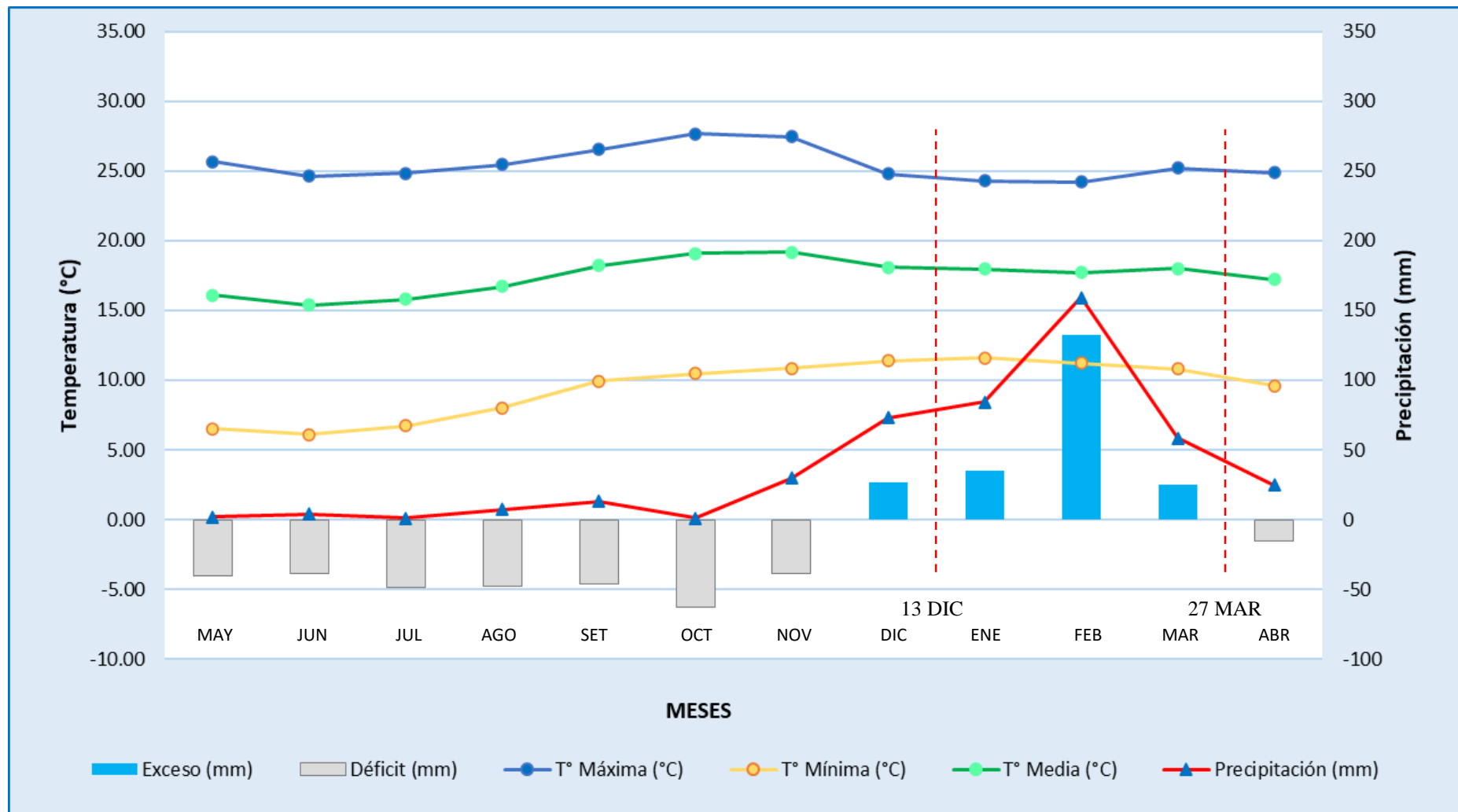
Departamento : Ayacucho

Longitud : 74° 12' 82" W

Año Mes	2022						2023						Total	Prom.
	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr		
T° Máxima (°C)	25.65	24.63	24.83	25.45	26.53	27.66	27.46	24.81	24.3	24.19	25.2	24.85	25.46	
T° Mínima (°C)	6.50	6.11	6.74	8.01	9.93	10.49	10.85	11.37	11.6	11.2	10.8	9.6	9.43	
T° Media (°C)	16.07	15.37	15.79	16.73	18.23	19.07	19.16	18.09	17.95	17.70	18.00	17.23	17.45	
Factor	5.86	5.47	5.70	6.22	7.09	7.59	7.64	7.01	6.92	6.78	6.95	6.51		
ETP (mm)	55.44	51.21	53.72	59.53	69.33	75.11	75.70	68.37	67.45	65.76	67.79	62.70	772.13	64.34
Humedad Relativa (%)	71.73	74.17	74.03	69.38	71.62	67.99	70.58	76.84	75.77	75.31	75.49	73.9		
Precipitación (mm)	1.7	3.8	1.1	7.4	13.3	0.9	29.7	73	84.2	159.2	58.3	24.6	457.20	38.10
ETP corregida (mm)	42.38	42.09	46.99	52.08	59.83	63.80	63.47	46.45	49.27	27.24	33.39	40.20		
Humedad del suelo (mm)	-40.68	-38.29	-45.89	-44.68	-46.53	-62.90	-33.77	26.55	34.93	131.96	24.91	-15.60		
Exceso (mm)								26.55	34.93	131.96	24.91			
Déficit (mm)	-40.68	-38.29	-49.09	-48.22	-46.53	-62.90	-38.74					-15.60		

Figura 2.2

Temperatura máxima, mínima, media y balance hídrico de la campaña agrícola 2022-2023 según la Estación Meteorológica de INIA- Ayacucho



2.6. Características de las variedades en estudio

En el presente trabajo de investigación se realizó utilizando dos variedades de arveja, la variedad Remate y Usui, de los cuales las principales características se precisan a continuación:

2.6.1. Variedad Remate

Según Suasnabar et al., (2021) para la obtención de la variedad Remate se desarrollaron entre 1988 y el 2002 conduciendo a la selección del nuevo cultivar “INIA 103 REMATE”, mediante un proceso de selección, dentro de un conjunto de líneas y variedades exóticas introducidas.

- Días de floración : 80 días
- Cosecha en vaina verde : 130 días
- Cosecha en grano seco : 150 días
- Altura de la planta : 1.55 m
- Longitud de la vaina : 7 a 8 cm
- N° de vainas por planta : 23
- N° de granos por vaina : 8
- Superficie del grano : Liso, redondo
- Color de grano en seco : Crema
- Tamaño de grano : 7 mm
- Rendimiento en vaina verde (Con tutorado) : 10 t/ha
- Rendimiento en vaina verde (Sin tutorado) : 6 500 kg/ha
- Rendimiento en grano seco (Con tutorado) : 2 t/ha
- Rendimiento en grano seco (Sin tutorado) : 1 600 kg/ha

2.6.2. Variedad Usui

Suasnabar et al., (2021) menciona que esta variedad se cultiva principalmente en Cajamarca, Junín, Lambayeque, Ancash y Lima.

- Días de floración : 72 días
- Cosecha en vaina verde : 125 días
- Cosecha en grano seco : 145 días
- Altura de la planta : 1.40 m
- Longitud de la vaina : 10-12 cm

- N° de granos por vaina : 8 a 9
- Superficie del grano : Liso
- Color de grano en seco : Crema verdosa
- Rendimiento en vaina verde (Con tutorado) : 10 t/ha
- Rendimiento en vaina verde (Sin tutorado) : 6 300 kg/ha
- Rendimiento en grano seco (Con tutorado) : 2 t/ha
- Rendimiento en grano seco (Sin tutorado) : 1 600 kg/ha

2.7. Microorganismos en estudio

2.7.1. *Rhizobium*

El inoculante *Rhizobium* utilizado fue proporcionado por el Proyecto microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR) de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH-FOCAM).

El inoculante sólido contiene: turba + *Rhizobium*

2.7.2. *Consortio de hongos micorrícicos arbusculares (HMA)*

El consorcio de HMA, conformado por las especies: *Funniformis geosporum*, *Sclerocystis* sp, *Glomus microagregatum* y las esporas de *Glomus* sp comercial fueron proporcionados por el Laboratorio de Agrobiología de la E.P. Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

2.8. Factores en estudio

Los factores considerados para el presente experimento son:

2.8.1. *Varietades de arveja (V)*

- V1: Usui
- V2: Remate

2.8.2. *Microorganismos (M)*

- M1: Consortio de HMA
- M2: *Rhizobium*
- M3: Consortio de HMA + *Rhizobium*
- M4: Sin microorganismos con abonamiento
- M5: Sin microorganismos y sin abonamiento

2.9. Tratamientos

En la tabla 2.3 se muestra los 10 tratamientos aplicados. Se probó el efecto de dos microorganismos (*Rhizobium* y hongos micorrícicos arbusculares) y la interacción de dichos microorganismos más el testigo en dos variedades de arveja.

Tabla 2.3

Tratamientos aplicados en el experimento

Tratamiento	Código	Descripción
T1	V1*M1	Variedad Usui con consorcio de HMA
T2	V1*M2	Variedad Usui con <i>Rhizobium</i>
T3	V1*M3	Variedad Usui con consorcio HMA + <i>Rhizobium</i>
T4	V1*M4	Variedad Usui sin microorganismos con abonamiento
T5	V1*M5	Variedad Usui sin microorganismos ni abonamiento
T6	V2*M1	Variedad Remate con consorcio HMA
T7	V2*M2	Variedad Remate con <i>Rhizobium</i>
T8	V2*M3	Variedad Remate con consorcio HMA + <i>Rhizobium</i>
T9	V2*M4	Variedad Remate sin microorganismos con abonamiento
T10	V2*M5	Variedad Remate sin microorganismos ni abonamiento

2.10. Diseño experimental

Para la distribución de unidades experimentales se utilizó el Diseño de Bloque Completo Randomizado (DBCR) con arreglo factorial 2V (variedades) x 5M (con microorganismos y sin microorganismos), 3 repeticiones y un total de 30 unidades experimentales.

Cuyo modelo Aditivo Lineal del diseño es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Observación en la unidad experimental

μ = Promedio general

τ_i = Efecto de los tratamientos

β_j = Efecto de bloques

ϵ_{ij} = Error experimental

2.11. Características del campo experimental

a. Parcelas

- Ancho: 2.4 m

- Largo: 3.0 m
- Área: 7.2 m²
- N° de surcos: 03

b. Bloques

- N° de Bloques: 03
- Largo del bloque: 36.3 m
- Ancho del bloque: 2.4 m
- Área del bloque: 87.12 m²

c. Campo experimental

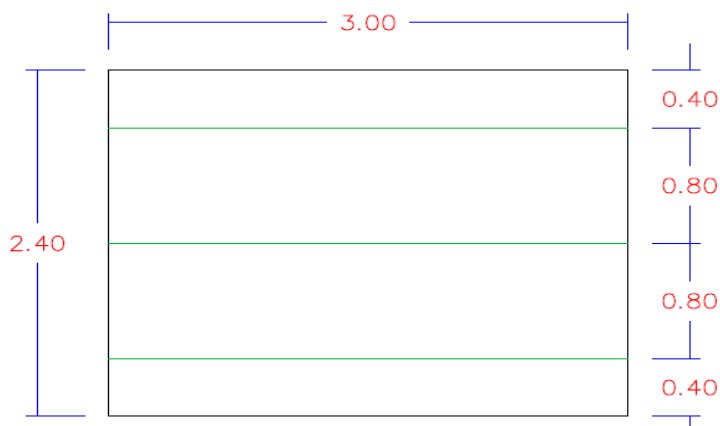
- Largo: 36.3 m
- Ancho: 8.8 m
- Área total de unidades experimentales: 216 m²
- Área total del experimento: 319.44 m²

Croquis de la unidad experimental

La unidad experimental está conformada por tres surcos de cultivo de arveja de 3.00 m de largo, con distanciamiento entre surcos 0.80 m y entre golpes 0.30 m. En cada golpe se manejó tres plantas de arveja.

Figura 2.3

Croquis de la unidad experimental (unidad de medida en metros)

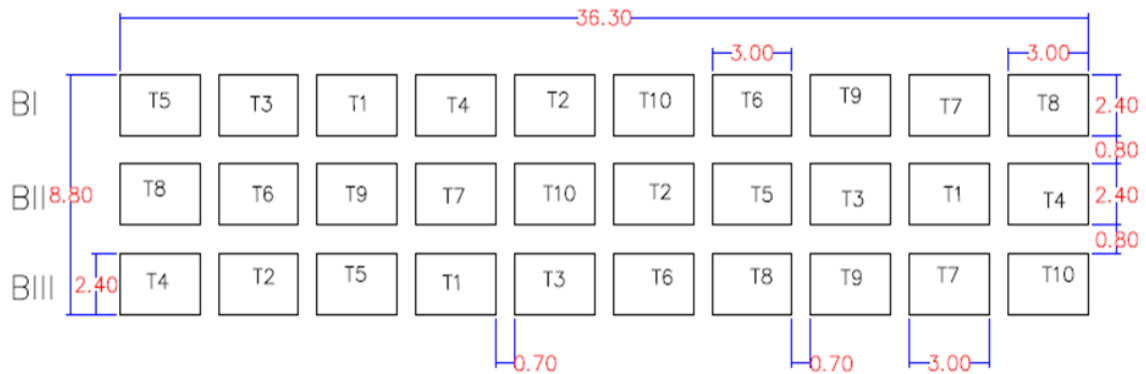


Croquis de campo experimental

El campo experimental está conformado por tres bloques, cada bloque por 10 tratamientos, en total 30 unidades experimentales, los tratamientos están distribuidos aleatoriamente en cada uno de los tres bloques, cuyo esquema se muestra en la figura 2.4.

Figura 2.4

Croquis del campo experimental (unidad de medida en metros)



2.12. Variables dependientes evaluadas

Para la evaluación de las variables se realizó muestreo de 10 golpes (30 plantas) con características promedio de cada unidad experimental, luego se enumeró y fueron llevadas al laboratorio, donde se evaluó las siguientes variables:

Altura de planta

La altura de la planta se determinó midiendo la distancia entre el cuello y la yema apical de la planta, la evaluación se realizó directamente en el campo un día antes de la cosecha con el fin de que las plantas se encuentren lo más vertical posible.

Número de vainas por planta

Este parámetro se evaluó haciendo conteo directo de total de vainas comerciales por planta muestreada.

Número de granos por vaina

Para evaluar el número de granos por vaina se realizó un muestreo de 15 vainas de las plantas muestreadas en el campo, luego se contó directamente la cantidad de granos por vainas, cuando éstas se encontraban en estado de madurez fisiológica (cosecha).

Longitud de vaina

La longitud de vaina se determinó midiendo la distancia entre el tálamo y restos de estilo y estigma de la vaina, con la ayuda de un flexómetro.

Rendimiento de vaina

Este parámetro se evaluó haciendo pesado de todas las vainas cosechadas de las plantas representativas de cada tratamiento, el proceso de pesado se realizó con una balanza analítica. Luego se convirtió el peso de vaina por planta a peso de vaina por hectárea (kg/ha).

Rendimiento de grano verde

Se procedió a pesar los granos de las plantas más representativas que han sido seleccionadas de cada tratamiento, el proceso de pesado se realizó con una balanza analítica. Luego se convirtió el peso de grano por planta a peso de grano por hectárea (kg/ha).

Peso seco de la planta

La extracción de plantas de arveja completas (parte aérea y radicular) se realizó en la etapa fenológica de plena floración. Se separó la parte aérea de la parte radicular cortando del cuello de la planta.

Las dos partes (aérea y radicular) fueron cortados en trozos de 3 a 5 cm, una vez cortadas se dejó secar al ambiente. Luego los restos de la planta secadas al ambiente fueron puestos en la estufa en bolsas de papel por un tiempo de 24 horas a 60°C. Finalmente, se realizó el pesado de materia seca con una balanza analítica.

Rhizobium

Número de nódulos de *Rhizobium* por planta

Las raíces de las plantas muestreadas fueron extraídas en la etapa fenológica de plena floración, luego se separó restos de suelo de las raíces.

Una vez limpiadas las raíces, se procedió a contabilizar manualmente el número total de nódulos de *Rhizobium* de toda la raíz.

Color de nódulos

Para la evaluación de este parámetro se aprovechó las mismas raíces preparadas para la variable anterior.

Con las raíces limpias sin restos de suelo, se procedió a observar directamente la coloración de los nódulos de *Rhizobium*. Los cuales presentaron colores como rosado, blanquecino y verduzco.

Determinación de porcentaje de colonización de HMA por tinción de raíces de arveja

Recolección de muestras de raíces

Para este proceso se realizó la extracción de raíces luego de haber realizado la cosecha de vainas en verde. Las muestras de raíces extraídas fueron separadas de restos del suelo, para luego ser secadas al ambiente.

Se realizó empleando el procedimiento de Phillips y Hayman ligeramente modificado.

- Las raíces fueron seleccionadas y cortadas en trozos, seguidamente humedecidas con agua durante 15 minutos para luego ser lavadas cuidadosamente, una vez lavadas se introdujeron en tubos de ensayo rotulados.
- Una vez lavadas y puestas en tubos de ensayo se cubrió con una solución de KOH al diez por ciento por un tiempo 24 horas.
- Los tubos de ensayo con raíces en la solución de KOH se calentó en baño maría durante 30 minutos a 65°C para que los taninos sean liberados (aclareo). Este procedimiento se realizó dos veces hasta que las raíces estén claras.
- Una vez sacada los tubos del baño maría, se lavaron las raíces con aguas hasta eliminar los restos de KOH.
- Las raíces son sumergidas en la solución de HCL al diez por ciento en baño maría durante 10 minutos con el fin de neutralizar al KOH, pasado el tiempo se escurrió HCL de las raíces.
- Seguidamente se realizó la tinción de las raíces con la solución de Azul de tripán al 0.05 por ciento. Para dicha tinción, los tubos de ensayo (raíces más la solución de Azul de tripán) se calentaron en baño maría por un tiempo de 15 minutos a 65°C.
- Luego de retirar los tubos de baño maría, se lavaron las raíces con el fin de eliminar el exceso de colorante.

- Las raíces teñidas fueron seleccionada y cortadas en trozos de 2 cm, en total 10 trozos de raíz, seguidamente se colocó en láminas portaobjetos con cuatro líneas paralelas y equidistantes de 4 mm y cubierto por láminas cubre objetos para el respectivo conteo de intersecciones.
- Para la determinación de porcentaje de colonización, las láminas con raíces teñidas son colocados en el microscopio, luego se procedió haciendo un recorrido horizontal en la misma dirección y altura de línea de la lámina, reportando el número de estructuras del hongo (hifas, vesículas y arbusculos) en cada intersección (línea vs raíz).
- Finalmente, para realizar el cálculo del porcentaje de colonización a partir de los datos obtenidos, se utilizó la siguiente ecuación.

$$\%colonización = \frac{N^{\circ} \text{ de segmentos colonizados}}{N^{\circ} \text{ de segmentos totales}} \times 100$$

2.13. Instalación y conducción del experimento

La conducción del campo de cultivo se llevó agronómicamente en base a las siguientes labores:

Preparación de terreno

La preparación del terreno se realizó el día 02 de diciembre del 2022 con tracción mecánica empleando el arado de disco a una profundidad de 0.25 m, luego se procedió a la cruz a con una pasada de rastra para romper los terrones de suelo y uniformizar el campo.

Demarcación de terreno

La delimitación de las parcelas, bloques, calles y surcos se realizó el día 12 de diciembre del 2022 de acuerdo al croquis del campo experimental (figura 2.4). Se procedió a delimitar los bloques, parcelas, calles y los surcos de acuerdo al distanciamiento utilizando wincha, flexómetro, machetes, estacas, cordel, carteles de identificación pico y azadones.

Surcado

Luego de la delimitación, se realizó la apertura de los surcos con la ayuda de un azadón y cordel para el alineamiento respectivo. Para ello, se consideró los distanciamientos entre surcos 0.8 m.

Abonamiento

El abonamiento se realizó de forma manual a chorro continuo al fondo del surco y tapado con una capa de suelo, utilizando el abono orgánico comercial “Moe” con una dosis de 3.8 toneladas por hectárea de acuerdo a los tratamientos, para mejorar las características físicas químicas y biológicas del suelo, y como aporte nutricional a la planta. Moe es un abono orgánico comercial con riqueza nutricional de 32% de materia orgánica, 1.5% de nitrógeno, 5% de fósforo, 3.85% de potasio y micronutrientes.

Siembra

Luego de la distribución de los tratamientos de acuerdo al diseño experimental se realizó la siembra el 13 de diciembre del 2022 de forma manual a una profundidad aproximada de 3 cm, con tres semillas de arveja por golpe con un distanciamiento entre surcos 0.8 m y entre golpes a 0.3 m, esta labor se realizó a primeras horas de la mañana con la finalidad de evitar exposición directa del inóculo (*Rhizobium*) con los rayos del sol. Las semillas de las dos variedades fueron inoculadas con *Rhizobium* de acuerdo a los tratamientos.

Inoculación con los microorganismos

La aplicación de microorganismos se realizó de acuerdo a los tratamientos.

Rhizobium

La inoculación de *Rhizobium* en las semillas de arveja se realizó minutos antes de la siembra, aplicando 7.14 gr de *Rhizobium* por 1 kg de semillas de arveja. El proceso consistió en humedecer al inoculante sólido (turba + *Rhizobium*) con 10 ml de agua, luego se mezcló la turba con las semillas hasta observar que el inoculante había cubierto la testa de toda la semilla.

El inoculante *Rhizobium* utilizado ha sido proporcionado por el Proyecto microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR) de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH-FOCAM).

Hongos micorrícicos arbusculares (HMA)

La inoculación de consorcio de HMA se realizó al momento de la siembra, al fondo del surco exactamente por debajo de cada golpe de semillas, aplicando 1.5 gr de consorcio de HMA por golpe o 62.5 kg de HMA por hectárea. Posteriormente se inoculó con *Glomus sp* comercial en suelo a los 22 días después de la siembra (dds), aplicando 3.00 kg *Glomus sp* comercial por hectárea, diluidos en agua con el objetivo de reforzar; la aplicación consistió en aperturar un pequeño orificio a la dirección de la copa de las plantas en ambos lados frente a frente y depositar 20 ml de *Glomus sp* diluido en agua, una vez depositado se procedió a tapar los orificios.

El consorcio de HMA y las esporas de *Glomus sp* comercial, fueron proporcionados por el Laboratorio de Agrobiología de la E.P. Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Riego

Se empleó el sistema de riego por goteo como complementario a las precipitaciones pluviales, en momentos donde se presentó ausencia de lluvias. El riego se realizó en cuatro oportunidades.

Deshierbo

El primer deshierbo se realizó a los 22 días después de la siembra (dds) y el segundo a los 69 dds, de forma manual con ayuda de un azadón, retirando todas las plantas arvenses para evitar competencia interespecífica por luz, CO₂, agua y nutrientes, y en algunos casos actúan como hospedantes de plagas y enfermedades.

Tutorado

El tutorado se realizó para mantener en posición vertical a las plantas de arveja que tienen crecimiento indeterminado mediante el uso de listones o tutores los que están unidos con cordeles de rafia a diferentes alturas. El primer nivel de tutor se realizó cuando las plantas tenían una altura de 25 a 30 cm, la colocación de rafias para el tutorado se colocó cada 30 cm a medida que la planta crecía.

Aporque

Se realizó a los 38 dds en ambas variedades con la finalidad de lograr una correcta estabilidad de las plantas, siendo de forma manual utilizando azadones.

Control fitosanitario

Para el control de Fusarium se aplicó el Trichops con una dosis de 1 kg/ha cada 07 días durante los primeros 35 días, siendo la primera aplicación a los 10 dds. La aplicación se realizó utilizando mochila fumigadora Jacto de 20 litros.

Las principales plagas que se presentaron en el cultivo de arveja fueron el trips y el pulgón, los cuales han sido controlados con Bio-Ajo con 1 litro de producto por hectárea. Este producto se aplicó dos veces, siendo a los 28 y 48 dds.

Cosecha

Una semana antes de la cosecha se realizó el muestreo en campo, marcando las plantas seleccionadas (con características promedio) con cinta masking debidamente etiquetadas, 10 golpes por unidad experimental.

Esta labor de recoger las vainas verdes se realizó de forma manual en dos momentos en ambas variedades de arveja, los dos momentos de cosecha se realizó de las mismas plantas debidamente etiquetadas. El momento de cosecha se realizó cuando los granos se encontraban en la etapa de madurez comercial.

En la variedad Remate, la primera y la segunda cosecha se realizó a los 80 y 89 días post siembra respectivamente. En la variedad Usui, la primera y la segunda cosecha se realizó a los 92 y 104 días post siembra respectivamente.

2.14. Análisis estadístico

Los resultados cuantitativos se sometieron a Análisis de Variancia (ANVA). Al encontrar significación estadística, se realizó la prueba de contraste Tukey (0.05) para visualizar las diferencias.

El procesamiento de datos estadísticos se realizó con Infostat, y la elaboración de tablas y gráficos con Excel versión 2021.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracteres de microorganismos en la planta

3.1.1. Número de nódulos por planta

Tabla 3.1

Análisis de varianza de número de nódulos de Rhizobium inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de P. sativum. Canaán-Ayacucho 2750 msnm

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	
Bloque	2	20.27	10.13	3.51	0.0515	ns
Variedad (V)	1	273.61	273.61	94.85	0.0001	**
Microorganismos (M)	4	2998.84	749.71	259.89	0.0001	**
Interacción (V x M)	4	230.82	57.7	20	0.0001	**
Error	18	51.92	2.88			
Total	29	3575.47				

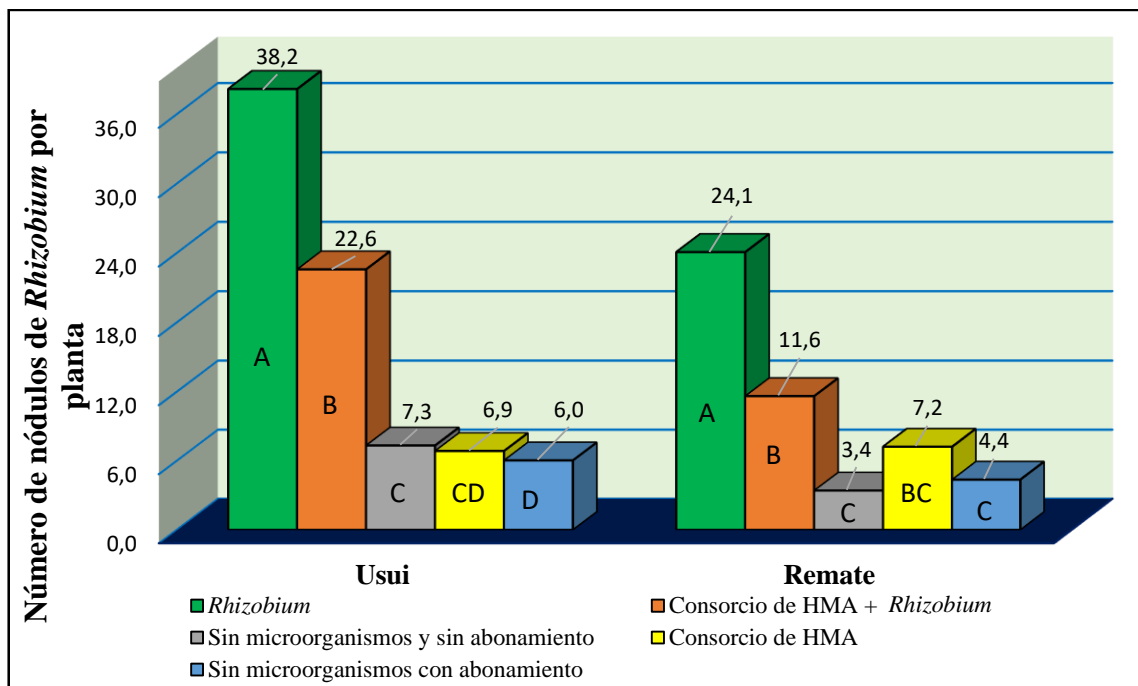
CV = 12.90%

El ANVA de número de nódulos de *Rhizobium* por planta de arveja (tabla 3.1) muestra estadísticamente, con nivel de significancia 0.05, diferencia altamente significativa entre variedades, entre microorganismos y entre la interacción (variedad x microorganismos).

El coeficiente de variación es de 12.90 %, siendo un valor de buena precisión.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el número de nódulos formados por *Rhizobium*. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



La prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el número de nódulos por planta (figura 3.1) demuestra que la variedad Usui es la que tiene mayor número de nódulos de *Rhizobium* por planta, siendo la inoculación con *Rhizobium* el mejor tratamiento que supera estadísticamente al resto de tratamientos con un valor de 38.2 nódulos por planta; en la variedad Remate la mayor respuesta se observa con el tratamiento *Rhizobium* con un valor de 24.1 nódulos por planta. Los tratamientos con la mezcla (consorcio de HMA + *Rhizobium*) presentan menor número de nódulos con respecto al tratamiento con solo *Rhizobium*.

Se prueba que el número de nódulos de *Rhizobium* en la raíz de arveja responde de forma positiva a la inoculación de *Rhizobium*. Se comprueba también que la interacción de *Rhizobium* con hongos micorrícicos arbusculares influye positivamente, pero en menos cantidad en número de nódulos con respecto a la inoculación con solo *Rhizobium*. Esta variable está directamente relacionada con la fijación del nitrógeno.

El mayor número de nódulos obtenido, 38.2 nódulos por planta, se debe a la inoculación con cepas de *Rhizobium*, que supera a lo obtenido por Nápoles et al., (2021) quienes

mencionan, que mientras mayor sea la aplicación de inoculante inducido (*Rhizobium*), estimula la formación de nódulos en las plantas, llegando hasta 14.8 nódulos por planta de arveja.

3.1.2. Color de nódulos

Tabla 3.2

Determinación de color de nódulos en la raíz de arveja

Tratamientos	Color de nódulos (%)		
	Rosado	Blanquecino	Verduzco
Usui con consorcio de HMA	57.1	42.9	0.0
Usui con <i>Rhizobium</i>	88.9	11.1	0.0
Usui con consorcio HMA + <i>Rhizobium</i>	77.8	22.2	0.0
Usui sin microorganismos con abonamiento	76.2	23.8	0.0
Usui sin microorganismos ni abonamiento	48.1	51.9	0.0
Remate con consorcio HMA	52.1	25.2	22.7
Remate con <i>Rhizobium</i>	87.2	12.8	0.0
Remate con consorcio HMA + <i>Rhizobium</i>	54.5	45.5	0.0
Remate sin microorganismos con abonamiento	62.5	37.5	0.0
Remate sin microorganismos ni abonamiento	28.8	37.9	33.3

En la evaluación de nódulos se observó tres colores: rosado, blanquecino y verduzco. En todos los tratamientos, la mayor cantidad de nódulos presentó coloración rosada, seguidas por el color blanquecino, y en pequeña cantidad el color verduzco. Los nódulos de la variedad Remate con consorcio HMA y el testigo absoluto presentan color verduzco.

Mayor cantidad de nódulos de color rosado se presentó con la aplicación de *Rhizobium*, en la variedad Remate 87.2% de nódulos son de color rosado y en Usui 88.9% de nódulos son de color rosado.

Sanjur et al., (2013) mencionan que la coloración de los nódulos es la forma de expresión de la efectividad de la fijación de nitrógeno, ya que los de coloración rosada, roja o marrón indican actividad en la fijación de nitrógeno molecular, en tanto que los de color blanco son inefectivos. Esto indica que en la presente investigación la mayor cantidad de nódulos tuvieron efectividad en la fijación de nitrógeno.

3.1.3. Porcentaje de colonización

Tabla 3.3

Análisis de varianza de porcentaje de colonización de HMA inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de P. sativum. Canaán-Ayacucho 2750 msnm

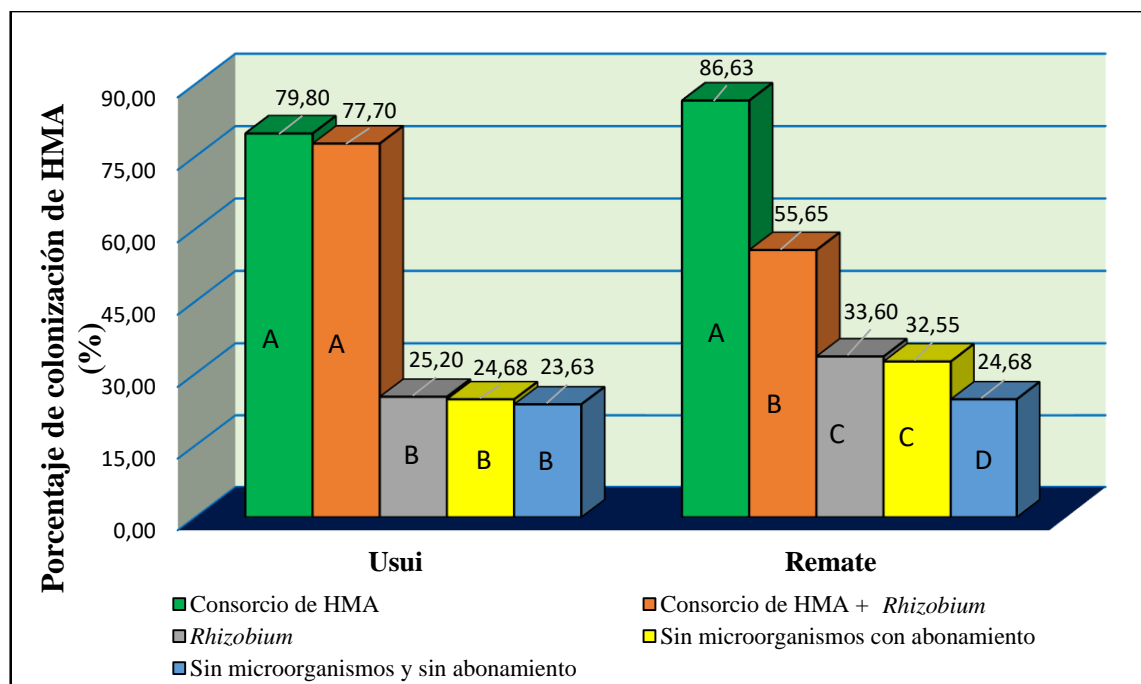
F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	
Bloque	2	104.42	52.21	0.69	0.5140	ns
Variedad (V)	1	1.33	1.33	0.02	0.8959	ns
Microorganismos (M)	4	17200.41	4300.10	56.89	0.0001	**
Interacción (V x M)	4	998.50	249.63	3.30	0.0340	*
Error	18	1360.60	75.59			
Total	29	19665.27				

CV = 18.73%

El ANVA de porcentaje de colonización de HMA (tabla 3.3) muestra estadísticamente, a 0.05 de nivel de significancia, que hay diferencia altamente significativa entre microorganismos, diferencia significativa en la interacción (variedad x microorganismos), mientras que entre variedades no existe diferencia significativa. El coeficiente de variación es de 18.73%, siendo un valor de buena precisión.

Figura 3.2

Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el porcentaje de colonización por HMA. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



La prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el porcentaje de colonización por HMA (figura 3.2) demuestra que los tratamientos con la inoculación de consorcio de HMA muestran mayor respuesta en las dos variedades de arveja, principalmente en la variedad Remate con 86.63%. Los tratamientos sin HMA muestran valores inferiores, diferenciándose estadísticamente. En la variedad Usui, los tratamientos con inoculación de consorcio de HMA y la mezcla (HMA + *Rhizobium*) tienen mayor respuesta con 79.8% y 77.70% de colonización respectivamente, diferenciándose estadísticamente del resto de tratamientos.

Los resultados obtenidos superan a los resultados de Valdiviezo (2021) quien menciona, que la inoculación de hongos micorrícicos en las leguminosas de cobertura (*Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis* y *Vigna unguiculata*) refleja una respuesta significativa en el porcentaje de colonización llegando hasta 71.48%.

La inoculación de hongos micorrícicos arbusculares en la arveja muestra mayor porcentaje de colonización con un valor de 86.63%, que coincide con Caldera et al., (2013) quienes encontraron, que el fríjol (*Vigna unguiculata*) reflejó una respuesta significativa a la inoculación con cultivos de hongos micorrícicos (micorrizas nativas), encontrando valores cercanos al 85% de colonización.

3.2. Caracteres de productividad

3.2.1. Peso seco de la parte aérea

Tabla 3.4

Análisis de varianza de peso seco de parte aérea de la planta inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de P. sativum. Canaán-Ayacucho 2750 msnm

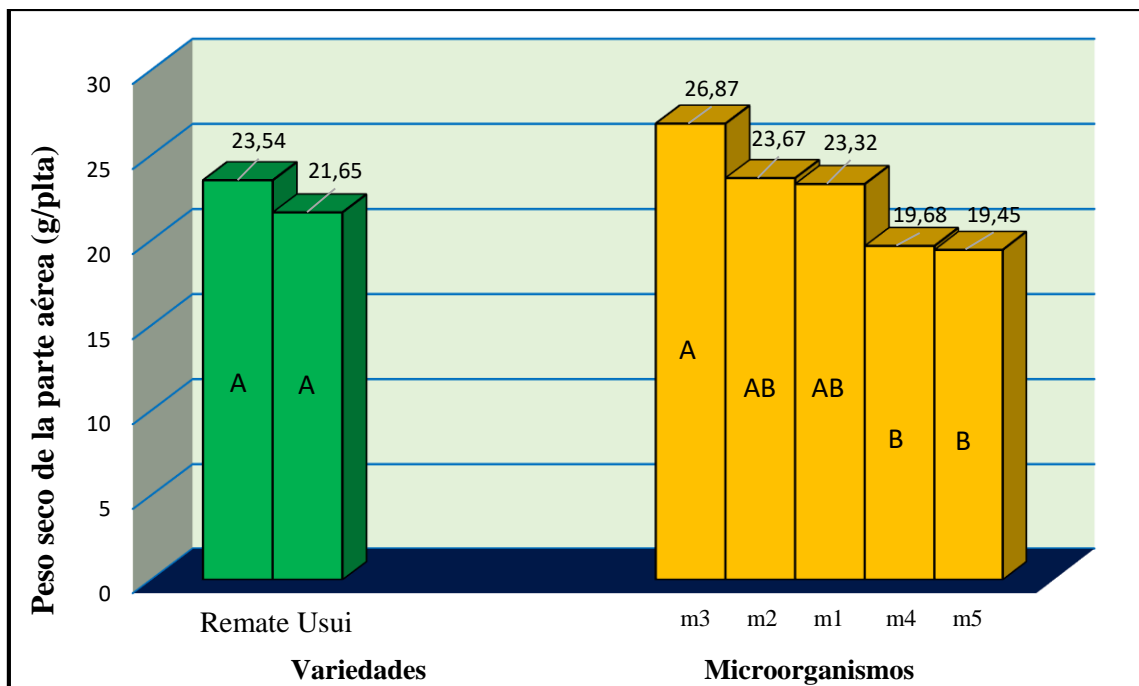
F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	
Bloque	2	6.89	3.43	0.42	0.6624	ns
Variedad (V)	1	26.85	26.85	3.30	0.0860	ns
Microorganismos (M)	4	230.35	57.59	7.08	0.0013	**
Interacción (V x M)	4	45.23	11.31	1.39	0.2773	ns
Error	18	146.49	8.14			
Total	29	455.78				

CV = 12.62%

El ANVA de peso seco de parte aérea de la planta (tabla 3.4) muestra diferencia altamente significativa entre microorganismos, no se encontró diferencia significativa entre variedades, tampoco en la interacción variedad x microorganismos. El coeficiente de variación es de 12.62%, siendo un valor de buena precisión y homogénea.

Figura 3.3

Prueba de Tukey de los efectos principales de variedades de arveja y microorganismos en el peso seco de la parte aérea de la planta. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



La prueba de Tukey de los efectos principales de las variedades de arveja y microorganismos en el peso seco de la parte aérea de la arveja (figura 3.3) demuestra que el mayor peso seco de la parte aérea tiene la variedad Remate con 23.54 g/plta, cabe precisar que no se diferencia estadísticamente de la variedad Usui que tiene 21.65 g/plta. El tratamiento m3 (consorcio de HMA + *Rhizobium*) tiene mayor peso seguido por m2 (*Rhizobium*), pero sin diferencia estadística.

La interacción de hongos micorrícicos arbusculares y *Rhizobium* influyen positivamente en el peso seco de la parte aérea de la planta en las dos variedades de arveja, este resultado es congruente con de Pabón et al. (2011) quien menciona, que la aplicación de *Rizhobium* + micorrizas es viable, ya que con ésta es la que obtuvo mejores resultados de rendimiento en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.).

3.2.2. Peso seco de la raíz

Tabla 3.5

Análisis de varianza de peso seco de la raíz inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de P. sativum. Canaán-Ayacucho 2750 msnm

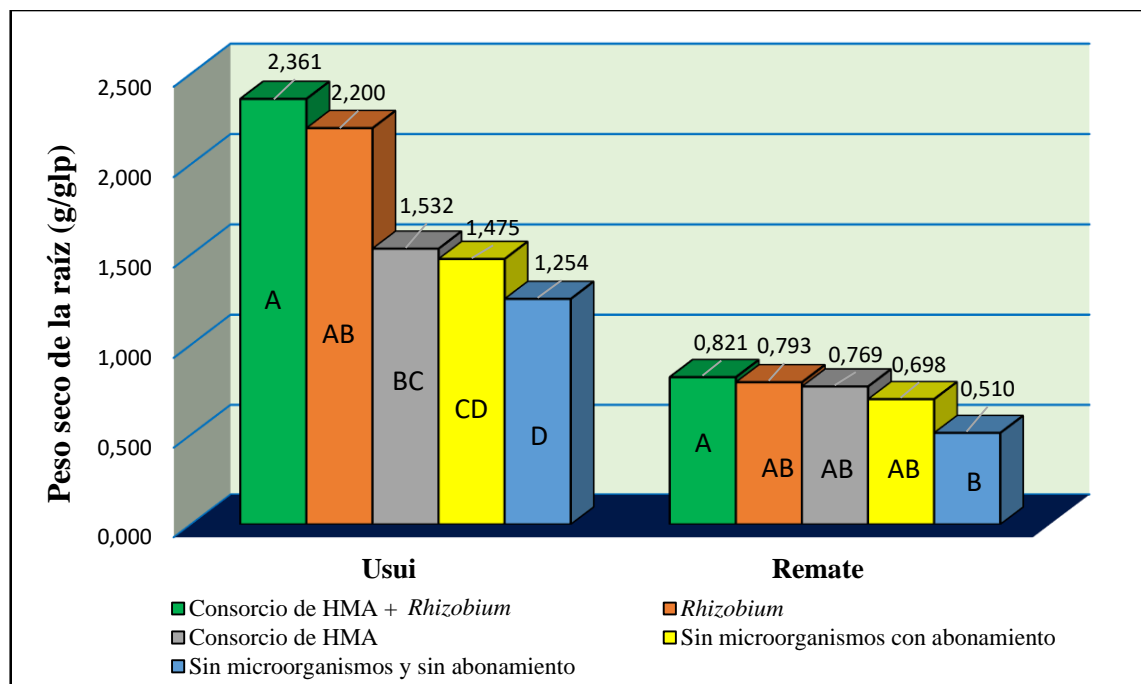
F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	
Bloque	2	0.07	0.04	0.65	0.5323	ns
Variedad (V)	1	8.21	8.21	152.09	0.0001	**
Microorganismos (M)	4	2.09	0.52	9.69	0.0002	**
Interacción (V x M)	4	0.93	0.23	4.29	0.0130	*
Error	18	0.97	0.05			
Total	29	12.27				

CV = 18.71%

El ANVA de peso seco de la raíz (tabla 3.5) muestra estadísticamente, a 0.05 de nivel de significancia, que hay diferencia altamente significativa entre variedades, entre microorganismos y en la interacción (variedad x microorganismos). El coeficiente de variación es de 18.71%, siendo un valor de buena precisión y con muestras homogénea.

Figura 3.4

Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el peso seco de la raíz. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



La prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el peso seco de la raíz (figura 3.4) demuestra que la variedad Usui tiene mayor peso seco de la raíz, siendo el tratamiento con mayor respuesta el consorcio de HMA + *Rhizobium* con un valor de 2.361 g/golpe, sin embargo, no se diferencia estadísticamente de *Rhizobium*. De la misma manera en la variedad Remate, el tratamiento con la mezcla obtuvo mayor peso.

La interacción de consorcio de HMA y *Rhizobium* refleja mayor respuesta en el peso seco de la raíz. Este resultado coincide con la afirmación de Leppyanen et al. (2021) quienes mencionan, que la doble inoculación (hongos micorrícicos arbusculares y bacterias fijadoras de nitrógeno) genera un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plantas de arveja.

3.2.3. *Altura de la planta*

Tabla 3.6

Análisis de varianza de altura de la planta inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de P. sativum. Canaán-Ayacucho 2750 msnm

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	
Bloque	2	160.85	80.43	5.86	0.0110	*
Variedad (V)	1	3236.49	3236.49	235.64	0.0001	**
Microorganismos (M)	4	835.97	208.99	15.22	0.0001	**
Interacción (V x M)	4	74.61	18.65	1.36	0.2875	ns
Error	18	247.23	13.73			
Total	29	4555.15				

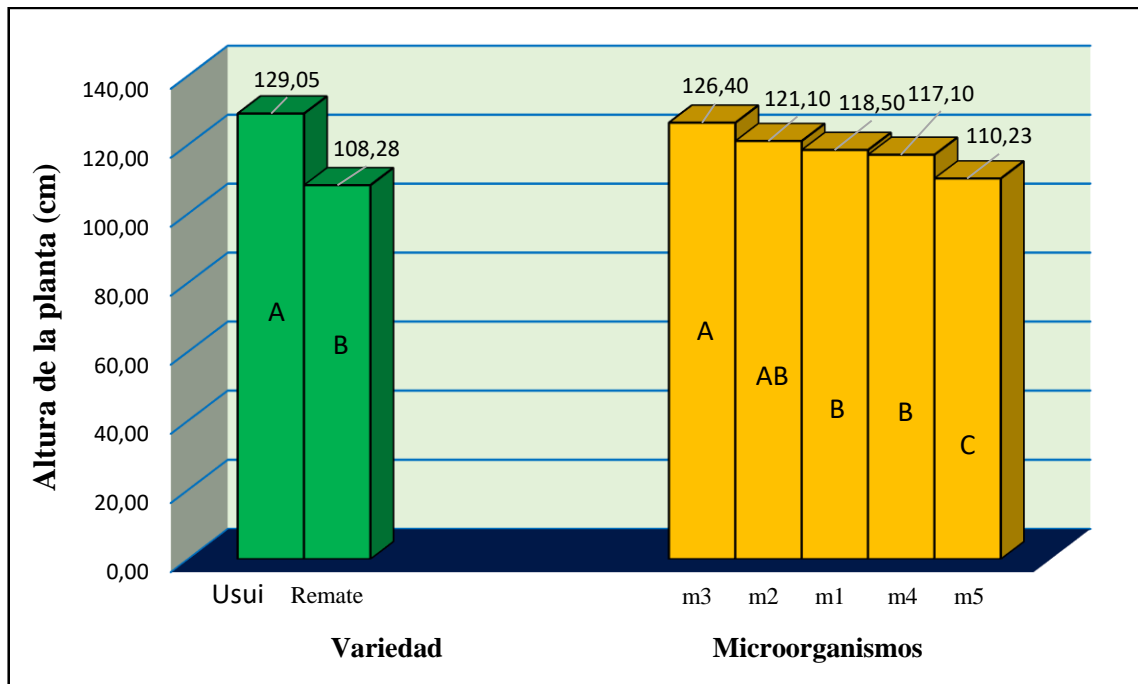
CV = 3.12%

El ANVA de la altura de planta (tabla 3.6) muestra diferencia altamente significativa entre variedades y entre microorganismos, mientras que, entre la interacción (variedad x microorganismos) no existe diferencia significativa.

El coeficiente de variación es de 3.12 %, siendo un valor de buena precisión.

Figura 3.5

Prueba de Tukey de los efectos principales de variedades de arveja y microorganismos en altura de la planta. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



En la prueba de Tukey de los efectos principales de las variedades de arveja y microorganismos en altura de la planta (figura 3.5) se puede apreciar que la variedad Usui obtuvo mayor altura con un valor de 129.05 cm superando estadísticamente a la variedad Remate que obtuvo una altura de 108.28 cm. El tratamiento m³ (consorcio de HMA + *Rhizobium*) obtuvo un valor de 126.40 cm siendo el mayor promedio, seguido por m² (*Rhizobium*) con 121.10 cm, en la comparación de dichos niveles no hay diferencia estadística.

Laing (1979) citado por Leon (1998) en Cali Colombia, menciona que el crecimiento y desarrollo de las plantas dependen del genotipo (constitución genética), del medio ambiente y las prácticas culturales. Además, la altura de la planta es cuantitativa y controlada por poligenes. La altura de la planta depende del hábito de crecimiento de las plantas, siendo estas determinadas o indeterminadas. Se observa claramente, que la variedad Usui supera en altura a la variedad Remate, la predominancia varietal se observa en todos los tratamientos, este resultado es congruente con de Valdez (2017) quien menciona, el carácter varietal del genotipo evaluado influye en la altura de planta, observando a la variedad Usui como dominante en mayor altura en cualquier modalidad de siembra.

3.2.4. Número de vainas por planta

Tabla 3.7

Análisis de varianza de número de vainas por planta inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de P. sativum. Canaán-Ayacucho 2750 msnm

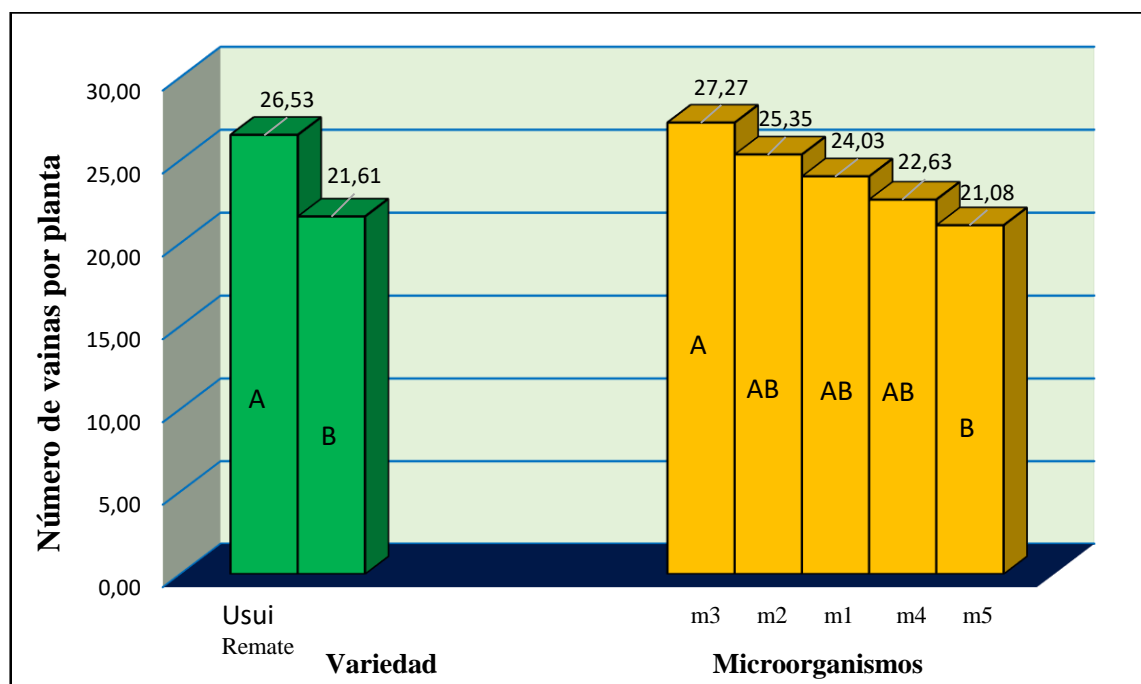
F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	
Bloque	2	15.85	7.93	0.84	0.4465	ns
Variedad (V)	1	181.55	181.55	19.32	0.0003	**
Microorganismos (M)	4	137.06	34.26	3.65	0.0241	*
Interacción (V x M)	4	20.90	5.22	0.56	0.6974	ns
Error	18	169.15	9.40			
Total	29	524.5				

CV = 12.73%

La variable número de vainas por planta está directamente relacionada con el rendimiento. El ANVA de esta variable (tabla 3.7) muestra estadísticamente, con nivel de significancia 0.05, diferencia altamente significativa entre variedades y diferencia significativa entre microorganismos, mientras que entre la interacción (variedad x microorganismos) no existe diferencia significativa. El coeficiente de variación es de 12.73 %, siendo un valor de buena precisión.

Figura 3.6

Prueba de Tukey de los efectos principales de variedades de arveja y microorganismos en el número de vainas por planta. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



La prueba de Tukey de los efectos principales de las variedades de arveja y microorganismos en número de vainas por planta (figura 3.6) demuestra que la variedad Usui obtuvo mayor número de vainas con un valor de 26.53 vainas/planta, superando estadísticamente a la variedad Remate que obtuvo 21.61 vainas/planta. El tratamiento m3 (consorcio de HMA + *Rhizobium*) obtuvo 27.27 vainas/planta siendo el mayor promedio, seguido por m2 (*Rhizobium*) con 25.35 vainas/planta, en la comparación de dichos niveles no hay diferencia estadística.

En la investigación realizada por Ochoa (2012) en *Rhizobium* en el rendimiento de vaina de cinco variedades de arveja obtuvo como resultado para las variedades Remate 12.7 vainas por planta y Usui con 12.7 vainas por planta. Mientras tanto en la presente investigación se obtuvo un mayor número de vainas por planta, en Usui 26.53 vainas/planta y en Remate 21.61 vainas por plata. Sobre esta diferencia, es necesario precisar que el autor realizó la investigación a 3500 msnm, en terreno con 10% de pendiente, utilizando solo *Rhizobium* y sin utilizar tutorado.

Valdez (2017) en su trabajo de investigación reportó 25.8 vainas por planta en la variedad Usui y 21.1 vainas por planta en la variedad Remate. Comparando con los resultados de la presente investigación, en la variedad Usui es ligeramente inferior; mientras en la variedad Remate son similares.

3.2.5. Número de granos por vaina

Tabla 3.8

Análisis de varianza de número de granos por vaina inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de P. sativum. Canaán-Ayacucho 2750 msnm

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	
Bloque	2	0.64	0.32	4.18	0.0323	*
Variedad (V)	1	21.85	21.85	284.12	0.0001	**
Microorganismos (M)	4	5.10	1.27	16.57	0.0001	**
Interacción (V x M)	4	0.97	0.24	3.16	0.0393	*
Error	18	1.38	0.08			
Total	29	29.94				

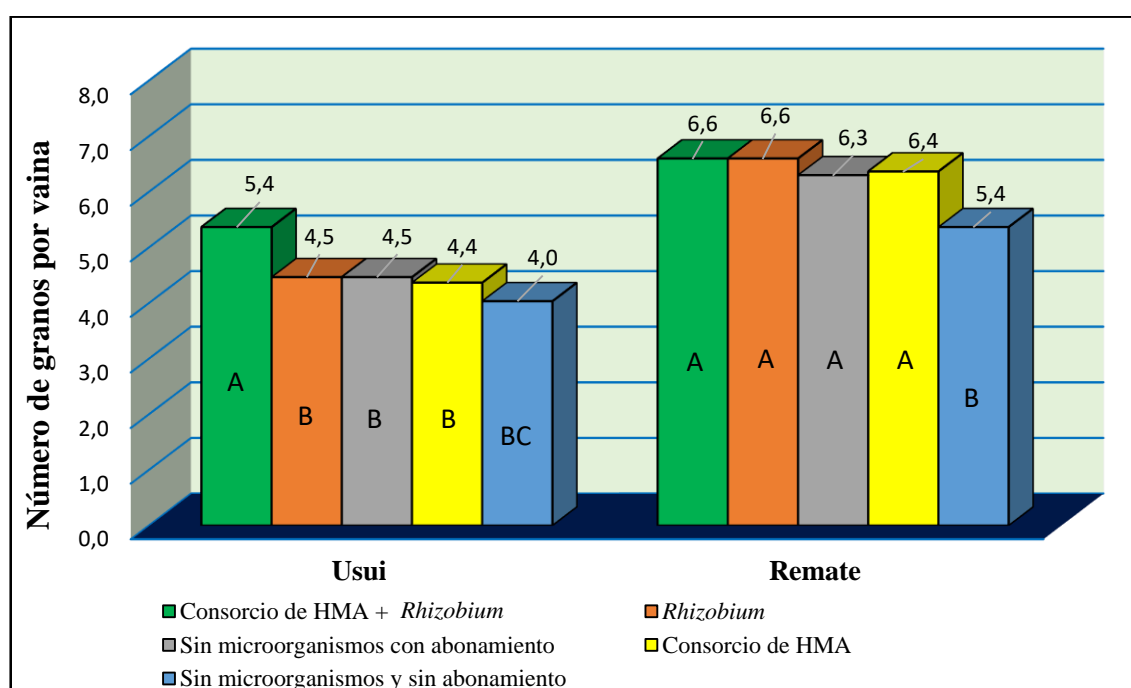
CV = 5.14%

El ANVA de número de granos por vaina (tabla 3.8) muestra estadísticamente (nivel de significancia 0.05) diferencia altamente significativa entre variedades y entre microorganismos, diferencia significativa entre la interacción (variedad x microorganismos).

El coeficiente de variación es de 5.14 %, siendo un valor de buena precisión.

Figura 3.7

Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en número de granos por vaina. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



La prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en número de granos por vaina (figura 3.7) demuestra que la variedad Remate tiene mayor número de granos por vaina, siendo la mezcla (consorcio de HMA + *Rhizobium*) y *Rhizobium* los tratamientos con mayor valor, 6.6 granos/vaina en ambos tratamientos, pero no se diferencia estadísticamente del resto de los tratamientos; en caso de la variedad Usui de igual manera la mayor respuesta se obtuvo con la mezcla (consorcio de HMA + *Rhizobium*) con 5.4 granos por vaina que supera al resto de los tratamientos.

Los resultados obtenidos por Ochoa (2012) en el número de granos por vaina en la variedad Remate y Usui fueron 5.9 y 4.3 granos por vaina respectivamente, que son

inferiores a los resultados del presente trabajo de investigación. Sobre esta desigualdad, vale precisar que el autor llevó a cabo el trabajo de investigación sin utilizar el tutorado, e inoculando solo con *Rhizobium* sin hongos micorrícicos a 3500 msnm.

Quispe (2010), reporta en su trabajo con efecto de número de aplicaciones con tipos de microorganismos en el cultivo de arveja variedad Remate, obteniendo un promedio de 6.48 granos por vaina, que es similar a los resultados de la presente investigación en condiciones de Canaán.

Los valores obtenidos en el presente experimento son similares a los encontrados por Rondinel (2014), quien reporta en las variedades Remate y Usui con 6.6 y 5.5 granos por vaina respectivamente en condiciones de Canaán.

3.2.6. Longitud de vaina

Tabla 3.9

Análisis de varianza de longitud de vaina inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de P. sativum. Canaán-Ayacucho 2750 msnm

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	
Bloque	2	0.02	0.01	0.10	0.9080	ns
Variedad (V)	1	0.92	0.92	10.60	0.0044	**
Microorganismos (M)	4	3.88	0.97	11.15	0.0001	**
Interacción (V x M)	4	0.32	0.08	0.92	0.4727	ns
Error	18	1.57	0.09			
Total	29	6.71				

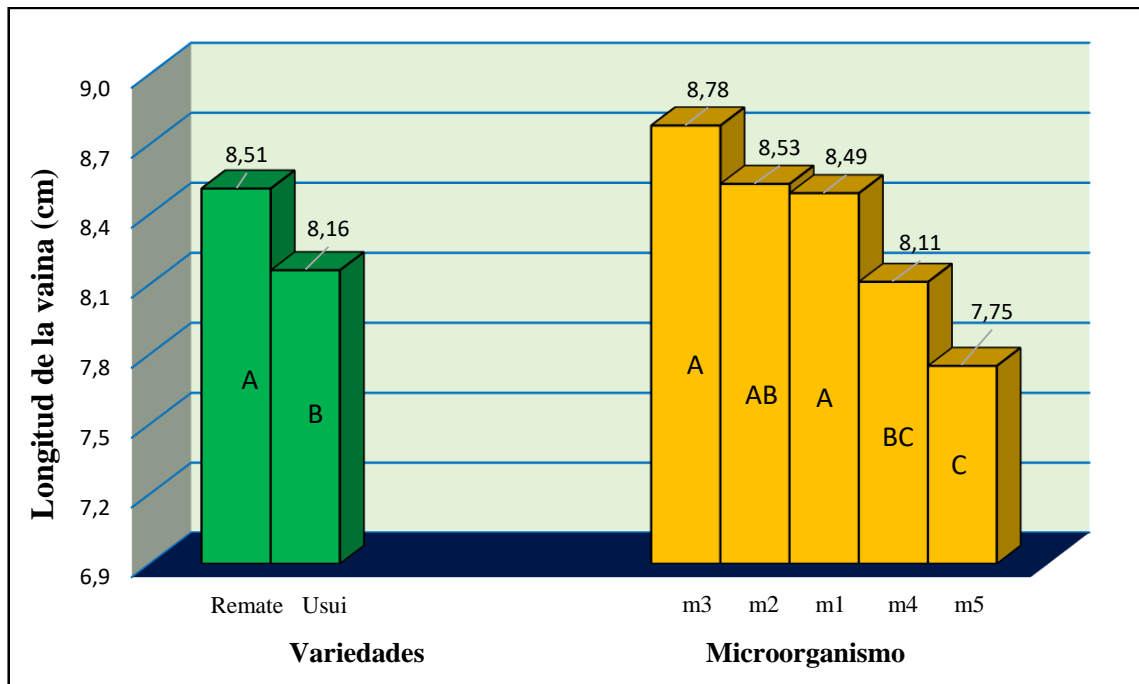
CV = 3.54%

El ANVA de longitud de la vaina (tabla 3.9) muestra estadísticamente, con nivel de significancia 0.05, diferencia altamente significativa entre variedades y entre microorganismos, mientras que entre la interacción (variedad x microorganismos) no existe diferencia significativa.

El coeficiente de variación es de 3.54 %, siendo un valor de buena precisión y homogénea.

Figura 3.8

Prueba de Tukey de los efectos principales de variedades de arveja y microorganismos en la longitud de vainas. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



En la prueba de Tukey de los efectos principales de las variedades de arveja y microorganismos en la longitud de vaina (figura 3.8) se demuestra que la variedad Remate obtuvo mayor longitud de vainas con 8.51 cm, superando estadísticamente a la variedad Usui de 8.16 cm de longitud. Se observa que el tratamiento m³ (consorcio de HMA + *Rhizobium*) obtuvo mayor valor con 8.78 cm de longitud, pero no presenta diferencias estadísticas con m² (*Rhizobium*) y m¹ (consorcio de HMA).

Valdez (2017) determinó la longitud de vaina en las variedades de Remate y Usui con valores de 8.58 cm y 6.78 cm respectivamente, comparando estos resultados con los datos obtenidos en la presente investigación son similares en la variedad Remate y en la variedad Usui son inferiores.

Moises (2017) determinó la longitud de vaina en la variedad Usui 7.9 cm utilizando nivel de abonamiento 2.0 Ton/ha, que es similar a los resultados obtenidos del testigo de la presente investigación. Sobre esta similitud con el testigo, vale precisar que el autor llevó a cabo el trabajo de investigación solamente aplicando guano de islas sin la inoculación de microorganismos; similar al testigo de la presente investigación, donde se aplicó abono de fondo sin microorganismos.

3.2.7. Rendimiento de vaina verde

Tabla 3.10

Análisis de varianza del rendimiento de vaina verde inoculadas con el consorcio de HMA y *Rhizobium* en dos variedades de *P. sativum*. Canaán-Ayacucho 2750 msnm

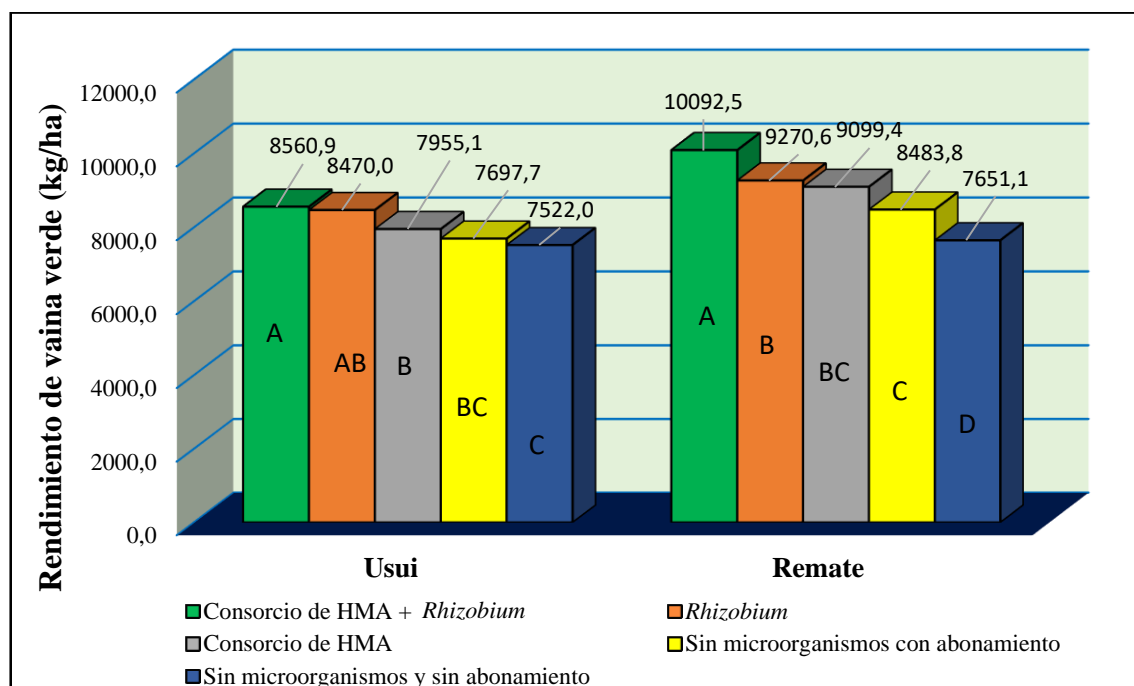
F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	
Bloque	2	97761.78	48880.89	0.83	0.4538	ns
Variedad (V)	1	5785845.17	5785845.17	97.75	0.0001	**
Microorganismos (M)	4	10927184.51	2731796.13	46.15	0.0001	**
Interacción (V x M)	4	1610088.39	402522.10	6.80	0.0016	**
Error	18	1065412.88	59189.60			
Total	29	19486292.73				

CV = 2.87%

El ANVA del rendimiento de vaina (tabla 3.10) muestra estadísticamente, con nivel de significancia 0.05, diferencia altamente significativa entre variedades, entre microorganismos y entre la interacción (variedad x microorganismos). El coeficiente de variación es de 2.87%, siendo un valor de buena precisión y homogénea.

Figura 3.9

Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el rendimiento de vaina verde. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



La prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el rendimiento de vaina verde (figura 3.9) demuestra que la variedad Remate tiene mayor rendimiento, siendo la mezcla (consorcio de HMA + *Rhizobium*) que supera estadísticamente al resto de tratamientos con un valor de 10092.5 kg/ha. En la variedad Usui, la mayor respuesta se encontró en los tratamientos mezcla y *Rhizobium* con 8560.9 kg/ha y 8470.0 kg/ha respectivamente. Los tratamientos con testigo absoluto en ambas variedades obtuvieron valores inferiores al resto de tratamientos.

El rendimiento es la variable más importante en todos los cultivos, en la arveja la cantidad de vainas por hectárea (kg/ha).

Liriano (2012) al aplicar *Rhizobium* y micorriza en frijol determinó que la coinoculación de *Rhizobium* y micorrizas mostró los mejores resultados en las variables de crecimiento evaluadas, así como en el rendimiento y sus componentes. Siendo congruente a los resultados de la presente investigación, donde la mezcla de consorcio de HMA + *Rhizobium* mostraron mayores respuestas en el rendimiento de vaina verde.

Ochoa (2012) muestra los rendimientos en vaina verde con el uso de fertilizantes + *Rhizobium*, en la variedad Remate 8000 kg/ha y Usui 6600 kg/ha, comparando con nuestros resultados observamos que los rendimientos obtenidos por dicho autor son inferiores a lo nuestro. Sobre esta desigualdad, vale precisar que el autor llevó a cabo el trabajo de investigación sin utilizar el tutorado.

Bustamante et al., (2022) demuestran que la inoculación de *Rhizobium* en leguminosas incorpora nitrógeno al suelo, ésta siendo un macro elemento esencial en la nutrición del cultivo, por consiguiente, incrementa el rendimiento. Comparando con nuestros resultados ocupa el segundo lugar por debajo de la asociación de *Rhizobium* + HMA.

3.2.8. Rendimiento de grano verde

Tabla 3.11

Análisis de varianza del rendimiento de grano verde inoculadas con el consorcio de HMA y Rhizobium en dos variedades de P. sativum. Canaán-Ayacucho 2750 msnm

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	
Bloque	2	294921.67	147460.83	4.21	0.0317	*
Variedad (V)	1	634322.04	634322.04	18.08	0.0005	**
Microorganismos (M)	4	2816934.55	704233.64	20.09	0.0001	**
Interacción (V x M)	4	514108.13	128527.03	3.67	0.0236	*
Error	18	631127.96	35062.66			
Total	29	4891414.35				

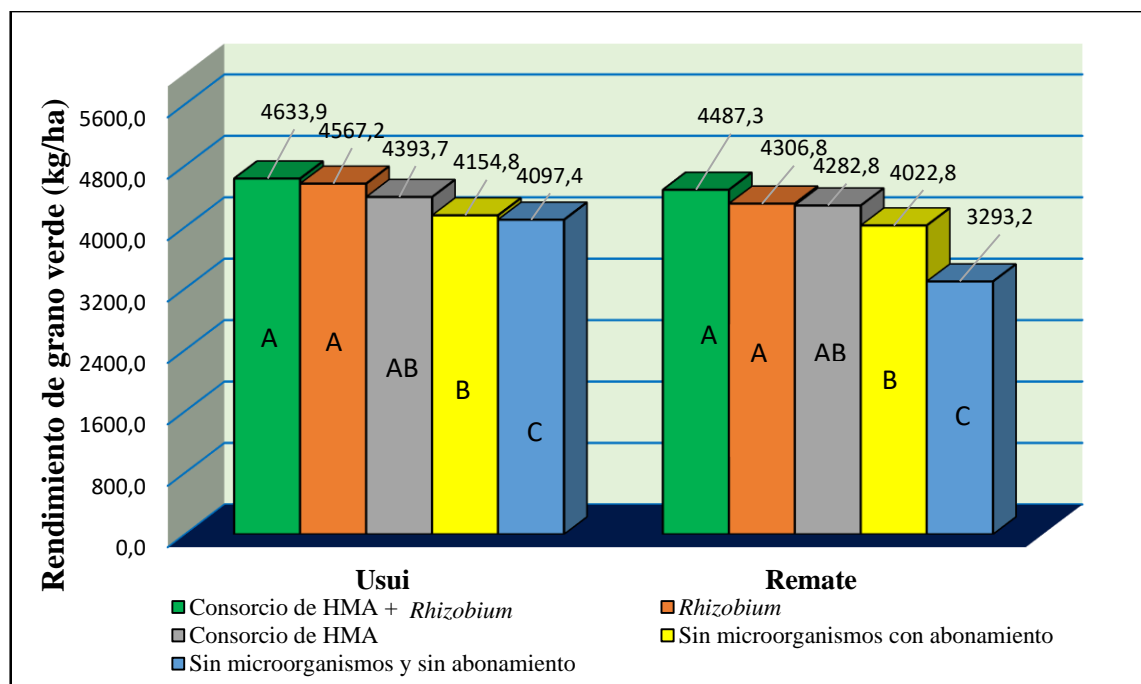
CV = 4.43%

El ANVA del rendimiento de grano verde (tabla 3.11) muestra diferencia altamente significativa entre variedades y entre microorganismos, mientras que la interacción (variedad x microorganismos) solo muestra diferencia significativa.

El coeficiente de variación es de 4.43%, siendo un valor de buena precisión.

Figura 3.10

Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el rendimiento de grano verde. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



La prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el rendimiento de grano verde (figura 3.10) demuestra que los tratamientos inoculados con la mezcla (consorcio de HMA + *Rhizobium*) muestran mayor rendimiento en las dos variedades de arveja, en Usui 4633.9 kg/ha y en Remate 4487.3 kg/ha sin diferencia significativa con el tratamiento *Rhizobium*. Los tratamientos con testigo absoluto en ambas variedades son las que obtuvieron valores inferiores a los de más.

Los resultados muestran que la mezcla de *Rhizobium* y hongos micorrícicos arbusculares influyen positivamente en el rendimiento, que es similar a lo encontrado por Osorio (2019) quien menciona lo siguiente: las plantas inoculadas con *Rhizobium*-micorrizas obtuvieron mayor desempeño en todos los parámetros agronómicos, respecto a los controles, al no estar inoculados de dicha simbiosis de microorganismos expresaron un desarrollo bajo.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye lo siguiente:

1. La interacción de *Rhizobium* + consorcio de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) ha influido positivamente en el rendimiento del cultivo de arveja en las dos variedades (Remate y Usui), obteniéndose 10092.5 kg/ha en Remate y 8560.9 kg/ha en Usui en rendimientos de vaina verde, superiores al resto de los tratamientos.
2. La aplicación de *Rhizobium* y también los HMA influyen positivamente en las dos variedades, lográndose un rendimiento en vaina verde de 9270.6 kg/ha en Remate y 8470.0 kg/ha en Usui con *Rhizobium* sin diferencias significativas con el tratamiento *Rhizobium* + consorcio de hongos micorrícicos arbusculares y superior a los controles.
3. Todos los tratamientos inoculados con microorganismos superan al testigo sin microorganismos en todos los parámetros evaluados.
4. La interacción de *Rhizobium* + hongos micorrícicos arbusculares reportó mejores resultados en los parámetros de rendimiento de grano verde 4633.9 kg/ha en Usui y 4487.3 Kg/ha en Remate, altura de la planta 129.05 cm en Usui y 108.28 cm en Remate, así como en número de vainas por planta, longitud de vaina, peso seco de la parte aérea y radicular en ambas variedades.
5. Mayor porcentaje de colonización presentó los inoculados con consorcio de HMA, 86.63% en Remate y 79.80% en Usui; así como mayor nodulación de la raíz presentó los inoculados con *Rhizobium*, con 38.2 y 24.1 nódulos por planta en Usui y Remate respectivamente.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y conclusiones del presente trabajo de investigación, se propone las siguientes recomendaciones:

1. Incentivar el uso de la mezcla de *Rhizobium* y hongos micorrícicos arbusculares (HMA) o la aplicación independiente de *Rhizobium* u hongos micorrícicos arbusculares, porque en el cultivo de arveja incrementan el rendimiento de vaina verde en ambas variedades, Usui y Remate.
2. Continuar con otros proyectos de investigación aplicando *Rhizobium*, hongos micorrícicos arbusculares (HMA) o la mezcla; en otros cultivos de importancia en la región, con el fin de mejorar el rendimiento de los cultivos.
3. Utilizar como abono de fondo abonos orgánicos bien descompuestos aplicando a una profundidad considerable y no debe estar en contacto directo con las semillas, ya que la arveja en la etapa de germinación y emergencia es muy susceptible a la pudrición radicular (chupadera).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A. (2010). Micorrizas: antigua interacción entre plantas y hongos. *La ciencia*, 61(4).
https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_4/PDF/11_MICORRIZAS
- Arancibia, R., Flores, M., Cabrera, T., Beiza, J., & Obando, J. (2022). Evaluación de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en la rehabilitación ecológica de ecosistemas con actividad minera. *Ecosistemas*, 31(2), 2304-2304.
- Arevalo, H. (2013). *Evaluación de cinco variedades de arveja (Pisum sativum) bajo condiciones de invernadero en Tumbaco-Pichincha*. [Tesis de grado, USFQ]. Repositorio Institucional.
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2419/1/1-06773.pdf>
- Arveja. (s/f). *Organos de Consumo*. Arveja. http://www7.uc.cl/sw_educ/hort0498-/HTML/p186.html
- Barilli, E. (2007). *Resistencia a roya (uromyces pisi) en guisante*. Dialnet.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=54733#:~:text=La%20roya%20de%20guisante%2C%20causada,el%20cultivo%20pueden%20ser%20altas>.
- Berdugo, S. (2009). El uso de hongos micorrícicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 7(1), 123-132.
- Bolaños, A. (1998). *Introducción a la Olericultura*. Editorial Universidad Estatal a Distancia. <https://isbn.cloud/isbn-search-booksellers/?isbn13=9789977649672>
- Bustamante, C., Ferrás, Y., Hernández, I., & Rivera, R. (2022). Beneficios del intercalamiento de canavalia inoculada con hongos micorrícicos y Rhizobium en *Coffea canephora*. *Agronomía Mesoamericana*, 33(2). doi:10.15517/am.v33i2.46288
- Caldera, E., Acosta, K., Garcés, G., Petit, B., Gutiérrez, W., & Pérez, C. (2013). Respuesta del cultivo fríjol (*Vigna unguiculata* L. Walp) variedad catatumbo a la inoculación con micorrizas nativas y comerciales bajo condiciones controladas. *REDIELUZ*, 3(1 y 2), 157-164.
- Castrillón, N. (17 de noviembre de 2010). *Arveja*. Legumifruit. <http://legumifruit.blogspot.com/2010/11/arveja-nombre-cientifico-pisum-sativum.html>

- Cuasapaz, E. (2015). *Evaluación de tres dosis de brasinosteroides en dos variedades del cultivo de arveja (pisum sativum linneo), en el cantón San Pedro de Huaca provincia del Carchi*. [Tesis de Pregrado, UTB]. Repositorio Institucional. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/1059>
- De Ron, A. (2015). *Grain Legumes* (Vol. 10). Springer. doi.org/10.1007/978-1-4939-2797-5
- Ferraris, G., & Couretot, L. (2014). *Experimentos de nutrición en el cultivo de arveja*. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino, Argentina. https://inta.gob.ar/sites/default/files/scripttmpinta_experimentos_de_nutricin_en_el_cultivo_de_arveja.pdf
- Flores, J. (2018). *Caracterización molecular y funcional de biofertilizantes bacterianos, y análisis de su potencial para mejorar la producción de cultivos de maíz, guisante, lechuga, fresa y zanahoria*. [Tesis de Doctorado, US]. Repositorio Institucional. <https://core.ac.uk/download/pdf/211495436.pdf>
- Hidalgo, J., Cynthia, R., Lezama, P., Chuna, P., & Chaman, E. (2019). Coinoculación de *Rhizophagus irregularis* y *Rhizobium* sp en *Phaseolus vulgaris* L. var. canario (Fabaceae) "frijol canario". *Arnaldoa*, 26(3), 991-1006. doi:<http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26309>
- Huamanchay, W. (20 de febrero de 2013). *Cultivo de arveja*. Manuales. http://manualesdetodo2013.blogspot.pe/2013/10/manualdelcultivodearveja_5305.html
- Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas [INCA]. (2016). la agricultura, la salinidad y los hongos micorrícicos arbusculares: una necesidad, un problema y una alternativa. *Cultivos tropicales*, 37(3), 42-49.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. (Setiembre de 2020). *Manejo integrado de la chupadera fungosa*. INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.129-55/1297/1/Manejo%20integrado%20de%20chupadera%20fungosa%20en%20el%20cultivo%20de%20arveja.pdf>
- Instituto Nacional de Investigación Agraria [INIA]. (2004). *Nueva variedad de arveja "INIA 104 Remate"*. Dirección General de Investigación Agraria, Lima. https://www.inia.gob.pe/wpcontent/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/arveja/INIA_103.pdf

- Moreno, Z., Valdez, R., Soriano, B., & Ruesta, N. (2016). Eficiencia en la nodulación por rizobios nativos, procedentes de nódulos de *Pisum sativum* “arveja” colectados de diferentes departamentos del Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 165 – 172. doi:10.17268/sci.agropecu.2016.03.02
- Nápoles, G., Cabrera, J., Wegria, G., Onderwater, R., Wattiez, R., Costales, D., . . . Gonzalez, G. (2021). Inducción de señales en *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* y su actividad biológica en arveja (*Pisum sativum* L.). *INCA*, 42(3). <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v42n3/1819-4087-ctr-42-03-e05.pdf>
- NewHolland. (03 de Junio de 2022). *Principales enfermedades y plagas de la arveja*. New Holland. <https://newhollandmitsui.com/agricultura/principales-enfermedades-plagas-arveja/#:~:text=Antracnosis&text=Por%20lo%20general%2C%20los%20s%C3%ADntomas,y%20la%20p%C3%A9rdida%20de%20rendimiento.>
- Nicho, P. (2018). *Validación de Lineas Promisorias de Arvejas Pisum sativum L. por Rendimiento y Calidad de Vaina*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1252029/PROYECTO%20240_PI.pdf
- Ochoa, K. (2012). *El Rhizobium en el rendimiento en vaina de cinco variedades de arveja (pisum sativum l.) Vinchos 3643 msnm - Ayacucho*. [Tesis de grado, UNSCH]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2025>
- Osorio, M. (2019). *Establecimiento de la simbiosis Rhizobium-Micorrizas en fréjol de palo Cajanus cajan, bajo condiciones controladas*. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil.
- Pabón, L., Wilson, G., Fernando, J., & Cuásquer, A. (2011). *Alternativas de control fitosanitario en tres variedades de arveja (pisum sativum l) con el uso de biofertilizantes (rhizobium y micorrizas), silicio y pesticidas en bolívar-carchi*. [Tesis de grado, UTN]. Repositorio institucional. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/12-3456789/794>
- Pankievicz, V., Irving, T., & Maia, L. (2019). Are we there yet? The long road to the development of efficient symbiotic associations between nitrogen-fixing bacteria and non-legume crops. *BMC Biol*, 17(1), 1-17.
- Prado, G. (2021). *Efecto de la co-inoculación de Burkholderia ubonensis y Rhizobium spp. sobre el rendimiento de Pisum sativum cultivada en Mache - Otuzco – La Libertad*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio

institucional.

<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/17903/Prado%20Ch%c3%a1varri%2c%20Gardenia%20Lizset.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Prado, L. (2008). *Evaluación agronómica de dos líneas de arveja (Pisum sativum L) y su efecto a la fertilización química y orgánica, en el Cantón Chimbo*. [Tesis de grado, UEB]. Repositorio Institucional. <http://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/185>
- Quispe, W. (2010). *Microorganismos eficaces (E.M.) en el rendimiento de arveja (pisum sativum l), variedad Remate en Canaán a 2750 msnm - Ayacucho*. [Tesis de grado, UNSCH]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/-UNSCH/3186>
- Restrepo, K., Montoya, M., Henao, P., Gutiérrez, L., & Molina, L. (2019). Caracterización de hongos micorrícicos arbusculares de suelos ganaderos del trópico alto y trópico bajo en Antioquia, Colombia. *Idesia*, 37(1), 35-44.
- Rodiño, A., Santalla, M., & De Ron, A. (2019). *Fertilización biológica del guisante: simbiosis Rhizobium leguminosarum – Pisum sativum*. Edición Pontevedra.
- Rondinel, R. (2014). *Rendimiento en vaina verde de tres variedades de arveja (pisum sativum l.) en tres modalidades de siembra bajo el sistema de agricultura de conservación. Canaán a 2750 msnm- Ayacucho*. [Tesis de grado, UNSCH]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/901>
- Sáenz, A. (2020). *Principales enfermedades en el cultivo de arveja (Pisum sativum L.)*. [Tesis de pregrado, UTB]. Repositorio institucional. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/-handle/49000/7971/EUTBFACIAGING%20AGRON000216.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, L. (2015). *Valoración de la población de hongos micorrícicos arbusculares en un suelo agrícola por efecto de la aplicación de vinaza de la industria del tequila*. [Tesis de pos grado, CIATEJ]. Repositorio institucional. <https://ciatej.repositorio-institucional.mx/jspui/bitstream/1023/87/1/Ana%20Lorena%20S%C3%A1nchez%20Lizarraga.pdf>
- Sanjur, J., Álvarez, J., & Londoño, C. (2013). Efecto de uso del suelo bajo un sistema silvopastoril estrella (Cynodon plectostachyus) y leucaena (Leucaena leucocephala) sobre las simbiosis (Rhizobium, Micorrizas). *Revista Veterinaria y Zootecnia*, 7(2), 28-36.

- Saparrat, M., Ruscitti, M., & Arango, M. (2020). *Micorrizas arbusculares: Biología y aplicaciones en el sector agro-forestal*. Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/99599>
- Sawada, H., Kuykendall, D., & Young, J. (2003). Changing concepts in the systematics of bacterial nitrogen-fixing legume symbionts. *Invited Review*, 49(3), 155-179. doi:10.2323/jgam.49.155
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [SENASA]. (2020). *Guía para la implementación de buenas prácticas agrícolas (bpa) para el cultivo de arveja*. <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2020/07/Guia-BPAARVEJA.pdf>
- Smith, S., & Gianinazzi, V. (1988). Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 39, 221-244. doi.org/10.1146/annurev.pp.39.060188.001253
- Sollier, V. (2019). *Rendimiento de nueve líneas F7 del cruce de arveja (Pisum sativum) Utrillo x Usui en La Molina*. [Tesis de grado, UNALM]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4272>
- Soto, J. (2015). *Efecto de la aplicación de fertilizantes biológicos en el rendimiento del cultivo de arveja (pisum sativum l.) variedad usui en condiciones de chuclaccasa yauli-huancavelica*. [Tesis de pregrado, UNH]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/206>
- Suasnabar, C., Marmolejo, D., Torres, G., Munive, R., Valverde, A., & Gamarra, G. (2021). *Cultivo de arveja*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7485/Cultivo%20de%20arveja-Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valdez, N. (2017). *Rendimiento en vaina verde de variedades de arveja (pisum sativum l.) con y sin tutor. Socos a 3200 msnm – Ayacucho*. [Tesis de grado, UNSCH]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2666>
- Valdiviezo, L. (2021). *Compatibilidad funcional entre especies de leguminosas de cobertura y hongos micorrícicos arbusculares, bajo condiciones de invernadero en la región San Martín*. [Tesis de pregrado, UNSM]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4522>
- Velazquez, P. (2015). *Mildiu de la arveja en Victoria, Entre Ríos. Ciclo agrícola 2014*. INTA.

https://www.researchgate.net/publication/315526598_Mildiu_de_la_arveja_-_en_Victoria_Entre_Rios_Ciclo_agricola_2014

- Veloz, C. (2022). *Uso de inoculantes a base de consorcios microbianos en Pisum Sativum*. [Tesis de grado, UPSE]. Repositorio institucional. <https://repositorio.upse.-edu.ec/handle/46000/8742>
- Walsh, G. (2003). Host Range and Reproductive Traits of *Diabrotica speciosa* (Germar) and *Diabrotica viridula* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae), Two Species of South American Pest Rootworms, with Notes on Other Species of Diabroticina. *Environmental entomology*, 32(2), 276-285. doi.org/10.1603/0046-225X-32.2.276
- Yang, J., Lan, L., Jin, Y., Yu, N., Wang, D., & Wang, E. (2022). Mechanisms underlying legume-rhizobium symbioses. *Journal of Integrative Plant Biology*, 64(2), 244-267. doi.org/10.1111/jipb.13207

ANEXOS

Anexo A. Panel fotográfico



Foto 1. Parcela experimental



Foto 2. Preparación y demarcación de terreno



Foto 3. Inoculación de *Rhizobium* en semillas de arveja



Foto 4. Siembra



Foto 5. Inoculación de *Glomus sp*



Foto 6. Tutorado



Foto 7. Cultivo de arveja en plena floración



Foto 8. Deshierbo



Foto 9. Control fitosanitario



Foto 10. Muestras para la evaluación de nódulos y peso seco en plena floración



Foto 11. Evaluación de caracteres de rendimiento



Foto 12. Cosecha de vaina verde



Foto 13. Evaluación de altura de la planta



Foto 14. Evaluación de nódulos de *Rhizobium* en la raíz de arveja



Foto 15. Raíces teñidas de arveja en placas de porta objetos

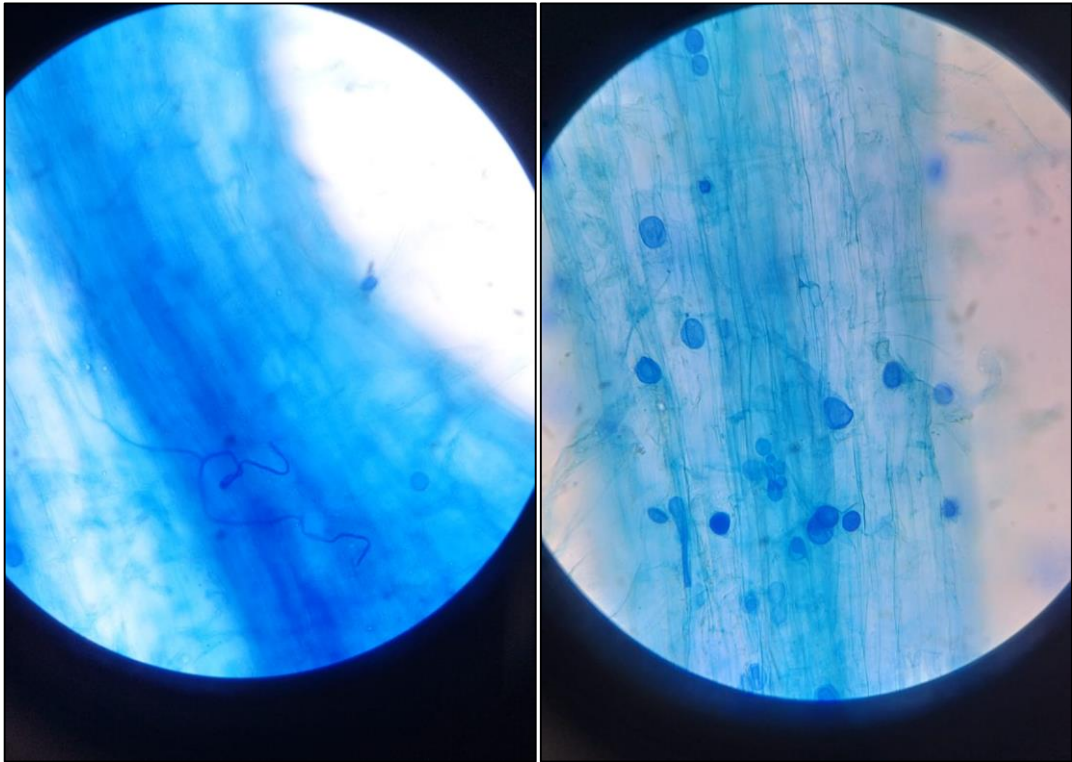


Foto 16 y 17. Observación de estructuras de hongos micorrícicos en el microscopio

Anexo B. Base de datos de las variables evaluadas

Bloque	Variedad	Microorganismos	Long. de vaina (cm)	Granos por vaina	Vainas por planta	Altura de planta (cm)	Nódulos por planta	% colonización de HMA	Peso seco (gr)		Rdt. grano verde (kg/ha)	Rdt. vaina verde (kg/ha)
									Aérea	Radicular		
I	Usui	Consorcio HMA	8.32	4.3	24.7	126.8	6.4	56.70	22.78	1.491	4242.9	7910.8
I	Usui	<i>Rhizobium</i>	8.22	4.5	27.9	129.0	38.4	23.63	21.22	2.115	4697.1	8437.9
I	Usui	Consorcio de HMA + <i>Rhizobium</i>	8.72	5.3	27.1	137.2	20.1	83.48	31.00	2.229	4692.6	8492.9
I	Usui	Sin microorganismos con abonamiento	8.04	4.3	30.4	124.0	5.4	25.20	14.56	2.106	4370.6	8043.8
I	Usui	Sin microorganismos y sin abonamiento	7.56	3.7	25.7	115.2	8.7	23.63	20.11	1.441	3983.3	7502.9
I	Remate	Consorcio HMA	8.90	6.3	21.7	110.4	7.3	86.63	22.88	0.712	4025.2	9006.3
I	Remate	<i>Rhizobium</i>	8.54	6.2	19.1	105.6	24.2	40.95	22.58	0.729	4235.1	9175.8
I	Remate	Consorcio de HMA + <i>Rhizobium</i>	8.76	6.8	22.2	102.2	11.6	51.98	25.50	0.820	4271.1	10197.9
I	Remate	Sin microorganismos con abonamiento	7.98	6.1	20.4	107.2	4.4	34.65	21.92	0.623	3937.5	8465.4
I	Remate	Sin microorganismos y sin abonamiento	8.02	5.3	14.1	96.6	3.4	37.80	21.54	0.506	3245.4	7292.1
II	Usui	Consorcio HMA	8.12	4.4	25.1	130.4	7.0	91.35	26.33	1.334	4587.5	7892.5
II	Usui	<i>Rhizobium</i>	8.34	4.6	27.7	132.4	36.0	26.78	22.67	2.274	4597.8	8662.5
II	Usui	Consorcio de HMA + <i>Rhizobium</i>	8.66	5.3	30.6	141.2	21.2	81.90	28.11	2.154	4535.3	8442.5
II	Usui	Sin microorganismos con abonamiento	8.18	4.6	20.3	127.0	5.0	26.78	15.00	1.009	3971.5	7383.8
II	Usui	Sin microorganismos y sin abonamiento	7.66	4.0	24.3	127.4	5.4	28.35	16.67	1.100	4335.7	7704.6
II	Remate	Consorcio HMA	8.76	6.5	23.4	112.6	7.6	86.63	26.75	0.892	4621.5	9120.8
II	Remate	<i>Rhizobium</i>	9.16	7.3	29.2	113.2	24.3	33.08	24.25	0.894	4409.0	9322.5
II	Remate	Consorcio de HMA + <i>Rhizobium</i>	8.98	6.8	30.8	117.4	7.8	55.13	26.50	0.807	4941.1	10161.3
II	Remate	Sin microorganismos con abonamiento	7.54	6.9	19.8	107.2	5.1	36.23	24.50	0.779	4078.4	8598.3
II	Remate	Sin microorganismos y sin abonamiento	8.24	5.6	19.4	97.8	3.2	20.48	21.76	0.486	3552.8	8309.6
III	Usui	Consorcio HMA	8.10	4.4	28.3	122.8	7.1	91.35	20.44	1.772	4350.7	8062.1
III	Usui	<i>Rhizobium</i>	8.28	4.3	25.7	133.8	40.1	25.20	27.33	2.210	4406.7	8309.6
III	Usui	Consorcio de HMA + <i>Rhizobium</i>	8.72	5.5	29.8	139.0	26.4	67.73	22.11	2.701	4673.9	8747.3
III	Usui	Sin microorganismos con abonamiento	8.00	4.5	25.1	128.0	7.7	22.05	21.44	1.310	4122.5	7665.6
III	Usui	Sin microorganismos y sin abonamiento	7.46	4.4	25.3	121.6	7.9	18.90	15.00	1.221	3973.1	7358.5
III	Remate	Consorcio HMA	8.76	6.3	21.0	108.0	6.8	86.63	20.75	0.703	4201.7	9171.3
III	Remate	<i>Rhizobium</i>	8.66	6.3	22.5	112.6	23.8	26.78	23.98	0.757	4276.4	9313.3
III	Remate	Consorcio de HMA + <i>Rhizobium</i>	8.82	6.2	23.1	121.4	15.4	59.85	28.00	0.836	4249.5	9918.3
III	Remate	Sin microorganismos con abonamiento	8.94	5.9	19.8	109.2	3.6	26.78	20.65	0.694	4052.6	8387.5
III	Remate	Sin microorganismos y sin abonamiento	7.58	5.2	17.7	102.8	3.7	15.75	21.59	0.538	3081.6	7351.7

Anexo C. Cronología de la conducción del experimento en el periodo comprendido entre diciembre de 2022 al marzo de 2023

N°	Actividad	Diciembre				Enero						Febrero		Marzo			
		02	12	13	23	04	05	10	14	20	26	20	21	03	12	15	27
01	Preparación de terreno	X															
02	Demarcación de terreno		X														
03	Surcado		X														
04	Inoculación de consorcio de HMA			X													
05	Inoculación de <i>Rhizobium</i>			X													
06	Abonamiento			X													
07	Siembra			X													
08	Inoculación de <i>Glomus sp</i>					X											
09	Riego		X				X		X		X						
10	Deshierbo					X						X					
11	Aporque									X							
12	Control fitosanitario				X	X			X				X				
13	Cosecha (Remate)													X	X		
14	Cosecha (Usui)															X	X

Anexo D. Análisis de caracterización de suelo del Centro Experimental Canaán – UNSCH



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
 Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996
 Ayacucho – Perú
 “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Región : Ayacucho
 Provincia : Huamanga
 Distrito : Andrés A. Cáceres Dorregaray
 Localidad : C. E. Canaán bajo
 Proyecto : “TESIS”
 Solicitante : SR. David Ccente Cerdáb

HR. 0406

ANALISIS DE CARACTERIZACION

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase Textural	pH (H ₂ O) 1:2.5	C. E. (dS/m.) 1:1	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)		Cationes cambiabiles (Cmol(+)Kg)						C. I. C. (Cmol(+)Kg)
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³	H ⁺	
01	41.8	17.3	40.9	Ar	7.37	1.52	0.0	2.14	0.11	21.1	176.4	11.6	5.28	0.90	1.24	0.0	0.0	28.0

Ayacucho, 18 Noviembre del 2022.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
 PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
 RESPONSABLE

 Juan B. Giron Molina
 C.I.P. 77120

Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenosos; Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso; FrAr: Franco arcillosos; FrArL: Franco arcillo limoso; ArAo: Arcillo arenoso; ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso

***Rhizobium* Y CONSORCIO DE HONGOS MICORRÍMICOS ARBUSCULARES (HMA) EN EL RENDIMIENTO DE VAINA VERDE DE DOS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.), AYACUCHO, 2750 msnm**

David Ccente-Cerdan; Roberta Esquivel-Quispe

Área de investigación: Medio ambiente

Línea de investigación: Sistema de producción agrícola

david.ccente.01@gmail.edu.pe

roberta.esquivel@unsch.edu.pe

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Canaán y laboratorio de Agrobiología de la UNSCH, con el objetivo de evaluar la influencia de *Rhizobium*, consorcio de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y la interacción de ambos en el rendimiento de vaina verde de dos variedades de arveja. Para la distribución y evaluación del experimento se utilizó el Diseño de Bloque Completo Randomizado (DBCR) con arreglo factorial 2V (variedades) x 5M (microorganismos y sin microorganismos), 3 repeticiones y un total de 30 unidades experimentales. Se estudiaron la aplicación de consorcio de HMA, *Rhizobium*, consorcio de HMA + *Rhizobium*, testigo y testigo absoluto en dos variedades de arveja (Usui y Remate). Se efectuó el ANVA y la prueba de contraste Tukey. Los tratamientos con la inoculación de consorcio de HMA + *Rhizobium* en ambas variedades reportaron mayor rendimiento en vaina verde 10092.50 kg/ha en Remate y 8560.90 kg/ha en Usui, grano verde con 4633.9 kg/ha en Usui y 4487.3 kg/ha en Remate, así como en longitud de vaina, número de vainas por planta, altura de la planta, peso seco de la parte aérea y radicular. Mayor nodulación presentó los inoculados con *Rhizobium* y mayor porcentaje de colonización de HMA los tratamientos inoculados con el consorcio de HMA; en ambas variedades de arveja.

Palabras claves: *Rhizobium*, HMA, co-inoculación, leguminosa

***Rhizobium* AND ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI CONSORTIUM (AMF) IN
THE YIELD OF GREEN POD OF TWO VARIETIES OF PEA (*Pisum sativum* L.),
AYACUCHO, 2750 msnm**

ABSTRAC

The research work was carried out at the Canaan Experimental Center and Agrobiology Laboratory of the UNSCH, with the objective of evaluating the influence of Rhizobium, consortium of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and the interaction of both on the green pod yield of two pea varieties. For the distribution and evaluation of the experiment, the Randomized Complete Block Design (DBCR) was used with a 2V (varieties) x 5M (microorganisms and without microorganisms) factorial arrangement, 3 repetitions and a total of 30 experimental units. The application of AMF consortium, Rhizobium, AMF + Rhizobium consortium, control and absolute control in two pea varieties (Usui and Remate) were studied. The ANVA and the Tukey contrast test were performed. The treatments with the inoculation of AMF + Rhizobium consortium in both varieties reported higher yield in green pod 10092.50 kg/ha in Remate and 8560.90 kg/ha in Usui, green grain with 4633.9 kg/ha in Usui and 4487.3 kg/ha in Remate, as well as in pod length, number of pods per plant, plant height, dry weight of the aerial and root parts. Those inoculated with Rhizobium showed greater nodulation and a higher percentage of AMF colonization occurred in treatments inoculated with the AMF consortium; in both pea varieties.

Keywords: Rhizobium, AMF, co-inoculation, legume.

1. INTRODUCCIÓN

La arveja (*P. sativum*) es una leguminosa de gran importancia, debido a que posee un alto contenido de proteína (6.3% en verde y 24.1% en seco) y aminoácidos con alto valor nutricional que se consume en forma fresca, enlatada y como grano seco (De Ron, 2015). Además, la arveja cuando forma simbiosis con la bacteria *Rhizobium* tiene una gran capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico y convertirlo en amoníaco (NH₃) permitiendo que suelos pobres obtengan nitrógeno (Masson-Boivin y Sachs, 2018).

Los hongos micorrícicos estimulan el crecimiento vegetal, mediante la asociación a nivel de las raíces de diversas plantas realizan una relación mutualista formando una estructura denominada

micorriza, de las cuales las más importantes son las micorrizas arbusculares. Estos hongos benéficos incrementan la eficacia en la absorción de agua y nutrientes (Hidalgo et al, 2019).

Leppyanen et al. (2021) mencionan que la co-inoculación de plantas con hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y bacterias fijadoras de nitrógeno del orden Rhizobiales (rhizobia) tienen un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. Diversos estudios realizados sobre el efecto de bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrícicos en leguminosas como la arveja y el frijol, comprobaron su importancia sobre el efecto positivo en la productividad de las leguminosas (Leppyanen et al., 2021; Prado, 2021; Hidalgo et al., 2019; Osorio, 2019). No obstante, la relación sinérgica entre dos microorganismos benéficos, así como, los mecanismos subyacentes a la influencia mutua siguen sin comprenderse lo suficiente (Leppyanen et al., 2021).

Por otro lado, bajos rendimientos del cultivo de arveja se deben por lo general a la presencia de bajos niveles de nutrientes en el suelo; para obtener mayores rendimientos es necesario aportar nutrientes mediante fuentes externas, ya sea química u orgánica, en muchos casos elevan los costos de producción.

Es indispensable realizar estudios de investigación en condiciones de nuestra región, que determine la importancia de los microorganismos benéficos y su relación sinérgica en el cultivo de arveja. Esto permitirá el desarrollo de la agricultura de manera sostenible y ecológica con el medio ambiente mediante el uso de microorganismos benéficos (consorcio de HMA y *Rhizobium*) en el cultivo de arveja.

El presente trabajo tuvo como objetivo, evaluar la influencia de *Rhizobium*, consorcio de HMA y la interacción de *Rhizobium* + consorcio de HMA en el rendimiento de vaina verde de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.), bajo condiciones de Ayacucho, 2750 msnm.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, situada en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho a una altitud de 2750 msnm. Encontrándose entre las coordenadas geográficas de 13°10'05" Latitud Sur y 74°12'14"

Longitud Oeste, a una altitud de 2750 msnm. Las evaluaciones se llevaron a cabo en el Laboratorio de Agrobiología AD 411 de la Escuela Profesional de Agronomía de la UNSCH, ubicado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho.

La investigación se realizó entre los meses de diciembre del 2022 hasta mayo del 2023. Donde, la fase del campo se realizó entre los meses de diciembre del 2022 a abril del 2023. Posteriormente, se complementó con evaluaciones en el laboratorio.

Características Físicas y Químicas del Suelo

La parcela donde se realizó el presente trabajo experimental, anteriormente estuvo ocupada por el cultivo de cebolla china (*A. fistulosum*).

El suelo experimental posee un pH ligeramente alcalino (PH =7.37), materia orgánica (2.14%) y nitrógeno total (0.11%) medio, fósforo disponible (21.1 ppm) alto, potasio disponible (176.4 ppm) medio y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 18. Según el análisis físico, el suelo es clasificado como un suelo de textura arcilloso. Por las características físicas y químicas que presenta, este suelo es considerado apropiado para el cultivo de arveja. A partir de los resultados de análisis se calculó la fórmula de abonamiento de 165-00-00 de NPK, empleándose para ello las fuentes de abonamiento orgánico: abono comercial “Moe” con riqueza nutricional de 32% de materia orgánica, 1.5% de nitrógeno, 5% de fósforo, 3.85% de potasio, 10.9% de calcio, 1.93% de magnesio. Con una dosis de 3.8 Tn/ha.

Factores en Estudio

Para el presente experimento se consideró dos factores (variables independientes): variedades de arveja (V) y microorganismos (M), los cuales tienen niveles. Variedades de arveja: V1 = Usui, V2 = Remate; microorganismos: M1= Consorcio de HMA, M2 = *Rhizobium*, M3 = Consorcio de HMA + *Rhizobium*, M4 = Sin microorganismos con abonamiento, M5 = Sin microorganismos y sin abonamiento.

El consorcio de HMA está conformada por las especies: *Funniformis geosporum*, *Sclerocystis* sp, *Glomus microagregatum* y las esporas de *Glomus* sp.

Se probó el efecto de dos microorganismos (*Rhizobium* y hongos micorrícicos arbusculares) y la interacción de dichos microorganismos más el testigo en dos variedades de arveja. Los 10 tratamientos aplicados se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2.1*Tratamientos aplicados en el experimento*

Tratamiento	Código	Descripción
T1	V1*M1	Variedad Usui con consorcio de HMA
T2	V1*M2	Variedad Usui con <i>Rhizobium</i>
T3	V1*M3	Variedad Usui con consorcio HMA + <i>Rhizobium</i>
T4	V1*M4	Variedad Usui sin microorganismos con abonamiento
T5	V1*M5	Variedad Usui sin microorganismos ni abonamiento
T6	V2*M1	Variedad Remate con consorcio HMA
T7	V2*M2	Variedad Remate con <i>Rhizobium</i>
T8	V2*M3	Variedad Remate con consorcio HMA + <i>Rhizobium</i>
T9	V2*M4	Variedad Remate sin microorganismos con abonamiento
T10	V2*M5	Variedad Remate sin microorganismos ni abonamiento

Para constatar la influencia de los microorganismos en dos variedades de arveja se evaluó 10 parámetros, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.2*Parámetros de evaluación de la variable dependiente*

Variables dependientes	Indicadores
Arveja (<i>P. sativum</i>)	▪ Rendimiento de vaina verde (Kg/ha)
	▪ Rendimiento de grano verde (kg/ha)
	▪ Longitud de la vaina (cm)
	▪ Número de granos por vaina
	▪ Número de vainas por planta
	▪ Altura de planta (cm)
	▪ Color de nódulos
	▪ Número de nódulos por planta
	▪ Porcentaje de colonización de HMA
	▪ Peso seco de la parte aérea y radicular de la planta

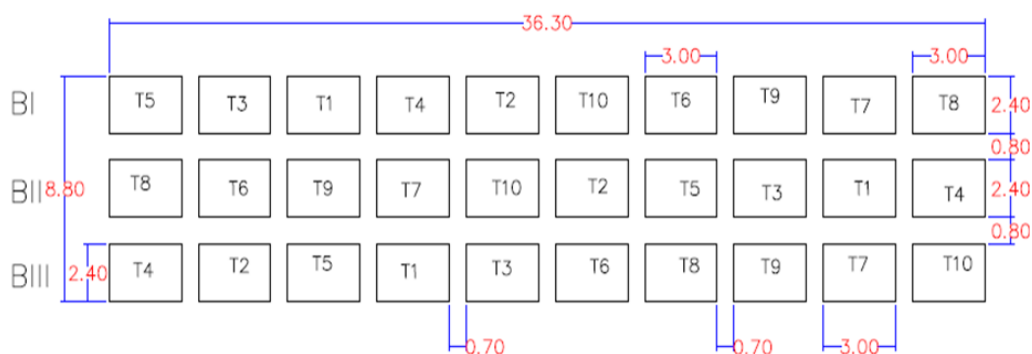
Diseño Experimental

Para la distribución de unidades experimentales se utilizó el Diseño de Bloque Completo Randomizado (DBCR) con arreglo factorial 2V (variedades) x 5M (con microorganismos y sin microorganismos), 3 repeticiones y un total de 30 unidades experimentales en un área total de 319.44 m². Cada unidad experimental (2.4 m ancho x 3.0 m largo) estuvo conformado por 3 surcos, en cada surco se sembró 10 golpes (3 semillas por golpe).

Modelo Aditivo Lineal del diseño es el siguiente: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$; donde, Y_{ij} = Observación en la unidad experimental, μ = Promedio general, τ_i = Efecto de los tratamientos, β_j = Efecto de bloques, ϵ_{ij} = Error experimental.

Figura 2.1

Croquis del campo experimental (unidad de medida en metros).



Manejo Agronómico

La preparación del terreno se realizó con tracción mecánica empleando el arado de disco de 0.25 m. Luego se procedió a delimitar y realizar apertura de los surcos, considerando los distanciamientos entre surcos a 0.8 m. Seguido a ello, se abonó en chorro continuo al fondo del surco tapando con una capa de suelo para evitar que entre en contacto directo con las semillas, con una dosis de 3.8 Tn/ha de “Moe”.

La siembra se realizó de forma manual a una profundidad aproximada de 3 cm, con tres semillas de arveja por golpe con un distanciamiento entre surcos 0.8 m y entre golpes a 0.3 m. La inoculación de *Rhizobium* en las semillas de arveja se realizó minutos antes de la siembra, con una aplicación de 7.14 gr de *Rhizobium* por 1 kg de semillas de arveja. El proceso consistió en humedecer al inoculante sólido (turba + *Rhizobium*) con 10 ml de agua, luego se mezcló la turba con las semillas hasta observar que el inoculante había cubierto la testa de toda la semilla. La inoculación de consorcio de HMA se realizó al momento de la siembra, al fondo del surco exactamente por debajo de cada golpe de semillas, con una dosis de 1.5 gr de consorcio de HMA por golpe o 62.5 kg de HMA por hectárea. La inoculación de *Glomus sp* comercial al suelo se realizó a los 22 días post siembra, con una dosis de 3.00 kg *Glomus sp* comercial por hectárea, diluidas en agua.

Para el suministro de agua se empleó el sistema de riego por goteo. El deshierbo se realizó en dos oportunidades; retirando todas las plantas arvenses (competencia interespecífica por luz, CO₂, agua y nutrientes). Por otro lado, el sistema de tutorado se instaló con niveles de rafia (horizontal) soportados por palos de madera, la colocación de rafias para el tutorado se colocó cada 30 cm a medida que la planta. Para el control de Fusarium se aplicó el Trichops con una

dosis de 1 kg/ha cada 07 días durante los primeros 35 días. Para el control de trips y el pulgón se aplicó Bio-Ajo con 1 litro de producto por hectárea.

La cosecha se realizó en dos momentos; en la variedad Remate, la primera y la segunda cosecha se realizó a los 80 y 89 días post siembra respectivamente, en la variedad Usui, la primera y la segunda cosecha se realizó a los 92 y 104 días post siembra respectivamente.

Análisis Estadístico

Los resultados cuantitativos se sometieron a Análisis de Variancia (ANVA). Al encontrar significación estadística, se realizó la prueba de contraste Tukey (0.05) para visualizar las diferencias.

El procesamiento de datos estadísticos se realizó en el programa Infostat, y la elaboración de tablas y gráficos, en el programa Excel versión 2021.

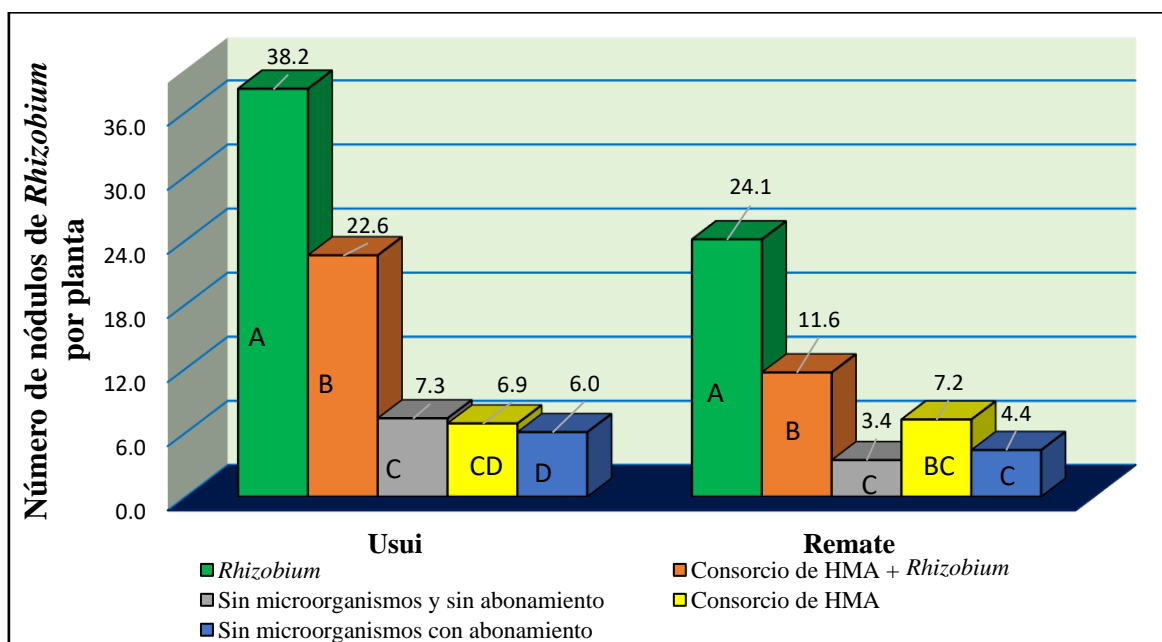
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracteres de Microorganismos en la Planta

3.1.1. Número de Nódulos por Planta

Figura 3.1

Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el número de nódulos de *Rhizobium*. Canaán-Ayacucho 2750 msnm.



La prueba de Tukey de número de nódulos por planta (figura 3.1) demuestra que la variedad Usui tiene mayor número de nódulos de *Rhizobium* por planta, siendo la inoculación con *Rhizobium* el mejor tratamiento superando estadísticamente al resto de tratamientos con un valor de 38.2 nódulos por planta; en la variedad Remate la mayor respuesta se observa con el tratamiento *Rhizobium* con un valor de 24.1 nódulos por planta. Los tratamientos con la mezcla (consorcio de HMA + *Rhizobium*) presentan menor número de nódulos con respecto al tratamiento con solo *Rhizobium*.

Se prueba que el número de nódulos de *Rhizobium* en la raíz de arveja responde de forma positiva a la inoculación de *Rhizobium*. Se comprueba también que la interacción de *Rhizobium* con hongos micorrícicos arbusculares influye positivamente, pero en menos cantidad en número de nódulos con respecto a la inoculación con solo *Rhizobium*. Esta variable está directamente relacionada con la fijación del nitrógeno.

El mayor número de nódulos obtenido, 38.2 nódulos por planta, se debe a la inoculación con cepas de *Rhizobium*, que supera a lo obtenido por Nápoles et al. (2021) quienes mencionan, que mientras mayor sea la aplicación de inoculante inducido (*Rhizobium*), estimula la formación de nódulos en las plantas, llegando hasta 14.8 nódulos por planta de arveja.

3.1.2. Color de Nódulos

Tabla 3.1

Determinación de color de nódulos en la raíz de arveja

Tratamientos	Color de nódulos (%)		
	Rosado	Blanquecino	Verduzco
Usui con consorcio de HMA y <i>Glomus sp</i>	57.1	42.9	0.0
Usui con <i>Rhizobium</i>	88.9	11.1	0.0
Usui con consorcio HMA y <i>Glomus sp</i> + <i>Rhizobium</i>	77.8	22.2	0.0
Usui sin microorganismos con abonamiento	76.2	23.8	0.0
Usui sin microorganismos ni abonamiento	48.1	51.9	0.0
Remate con consorcio HMA y <i>Glomus sp</i>	52.1	25.2	22.7
Remate con <i>Rhizobium</i>	87.2	12.8	0.0
Remate con consorcio HMA y <i>Glomus sp</i> + <i>Rhizobium</i>	54.5	45.5	0.0
Remate sin microorganismos con abonamiento	62.5	37.5	0.0
Remate sin microorganismos ni abonamiento	28.8	37.9	33.3

En la evaluación de nódulos se observó tres colores: rosado, blanquecino y verduzco. En todos los tratamientos, la mayor cantidad de nódulos presentó coloración rosada, seguidas por el color blanquecino, y en pequeña cantidad el color verduzco. Los nódulos de la variedad Remate con consorcio de HMA y el testigo absoluto presentan color verduzco. Mayor cantidad de nódulos

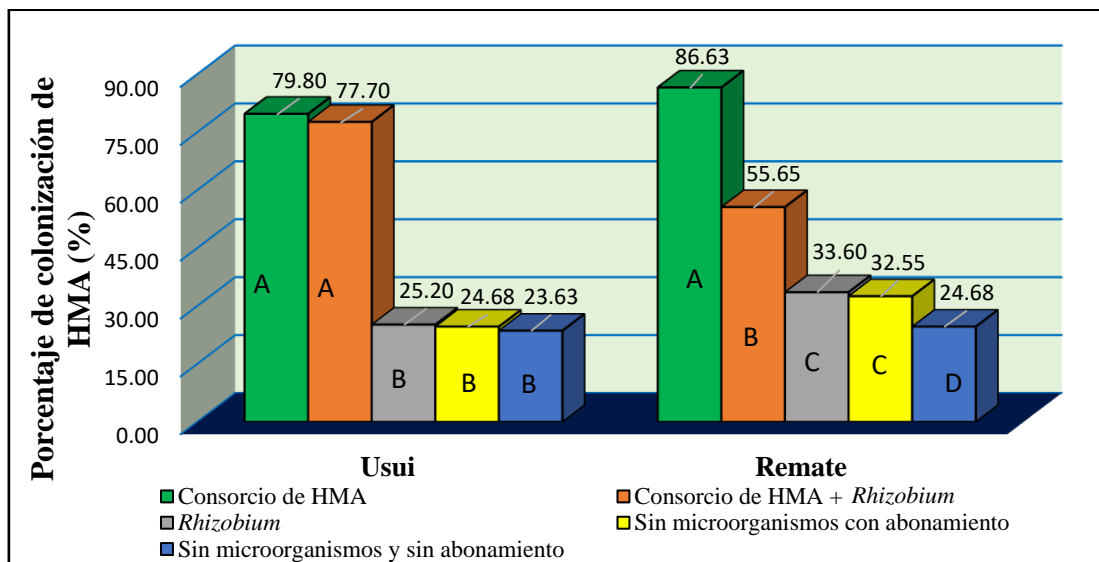
de color rosado se presentó con la aplicación de *Rhizobium*, en la variedad Remate 87.2% de nódulos son de color rosado y en Usui 88.9% de nódulos son de color rosado.

Sanjur et al. (2013) mencionan que la coloración de los nódulos es la forma de expresión de la efectividad de la fijación de nitrógeno, ya que los de coloración rosada, roja o marrón indican actividad en la fijación de nitrógeno molecular, en tanto que los de color blanco son inefectivos. Esto indica que en la presente investigación la mayor cantidad de nódulos tuvieron efectividad en la fijación de nitrógeno.

3.1.3. Porcentaje de Colonización

Figura 3.2

Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el porcentaje de colonización por HMA. Canaán-Ayacucho 2750 msnm.



La prueba de Tukey del porcentaje de colonización por HMA (figura 3.2) demuestra que los tratamientos con la inoculación de consorcio de HMA muestran mayor respuesta en las dos variedades de arveja, principalmente en la variedad Remate con 86.63%. Los tratamientos sin consorcio de HMA muestran valores inferiores, diferenciándose estadísticamente. En la variedad Usui, los tratamientos con inoculación de consorcio de HMA y la mezcla (HMA + *Rhizobium*) tienen mayor respuesta con 79.8% y 77.70% de colonización respectivamente, diferenciándose estadísticamente del resto de tratamientos.

Los resultados obtenidos superan a los resultados de Valdiviezo (2021) quien menciona, que la inoculación de hongos micorrícicos en las leguminosas de cobertura (*Cajanus cajan*, *Crotalaria*

juncea, *Canavalia ensiformis* y *Vigna unguiculata*) refleja una respuesta significativa en el porcentaje de colonización llegando hasta 71.48%.

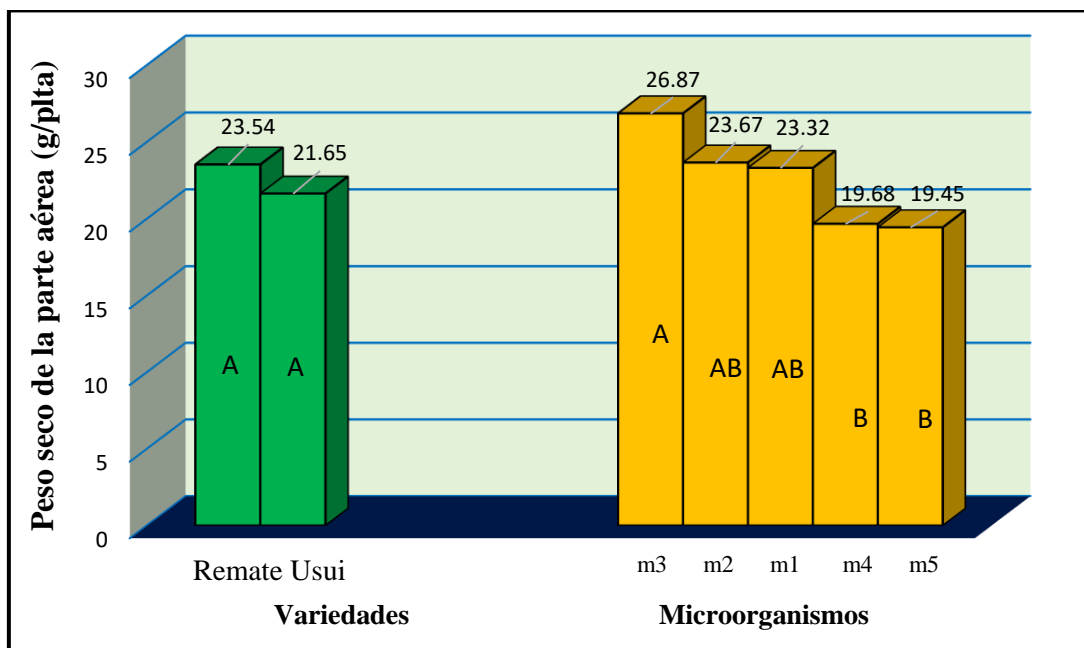
La inoculación de hongos micorrícicos arbusculares en la arveja muestra mayor porcentaje de colonización con un valor de 86.63%, que coincide con Caldera et al. (2013) quienes encontraron, que el frijol (*Vigna unguiculata*) reflejó una respuesta significativa a la inoculación con cultivos de hongos micorrícicos (micorrizas nativas), encontrando valores cercanos al 85% de colonización.

3.2. Caracteres de Productividad

3.2.1. Peso Seco de la Parte Aérea

Figura 3.3

Prueba de Tukey de los efectos principales de variedades de arveja y microorganismos en el peso seco de la parte aérea de la planta. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



La prueba de Tukey de peso seco de la parte aérea de la arveja (figura 3.3) demuestra que el mayor peso seco de la parte aérea tiene la variedad Remate con 23.54 g/plta, cabe precisar que no se diferencia estadísticamente de la variedad Usui que tiene 21.65 g/plta. El tratamiento m3 (consorcio de HMA + *Rhizobium*) tiene mayor peso seguido por m2 (*Rhizobium*), pero sin diferencia estadística.

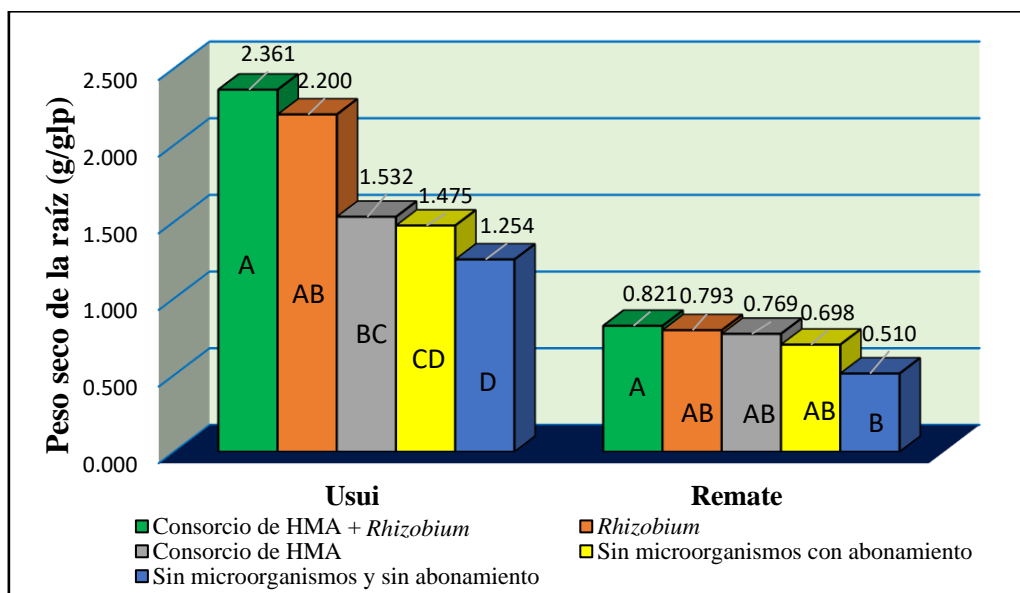
La interacción de hongos micorrícicos arbusculares y *Rhizobium* influyen positivamente en el peso seco de la parte aérea de la planta en las dos variedades de arveja, este resultado es congruente con de Pabón et al. (2011) quienes mencionan, que la aplicación de *Rizhobium* +

micorrizas es viable, ya que con ésta es la que obtuvo mejores resultados de rendimiento en el cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*).

3.2.2. Peso Seco de la Raíz

Figura 3.4

Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el peso seco de la raíz. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



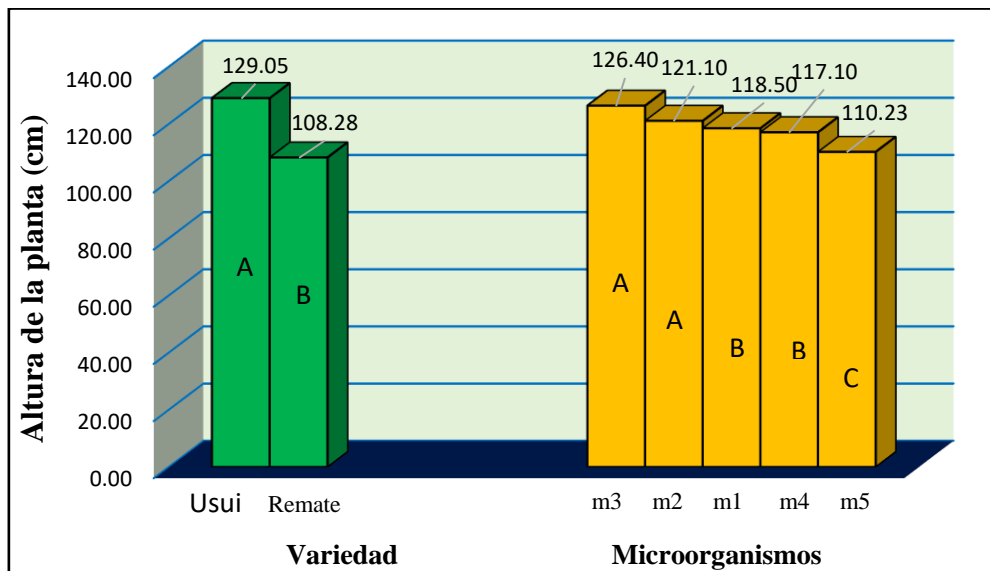
La prueba de Tukey de peso seco de la raíz (figura 3.4) demuestra que la variedad Usui tiene mayor peso seco de la raíz, siendo el tratamiento con mayor respuesta el consorcio de HMA + *Rhizobium* con un valor de 2.361 gr/golpe, sin embargo, no se diferencia estadísticamente de *Rhizobium*. De la misma manera en la variedad Remate, el tratamiento con la mezcla obtuvo mayor peso.

La interacción de consorcio de HMA y *Rhizobium* refleja mayor respuesta en el peso seco de la raíz. Este resultado coincide con la afirmación de Leppyanen et al. (2021) quienes mencionan, que la doble inoculación (hongos micorrícicos arbusculares y bacterias fijadoras de nitrógeno) genera un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plantas de arveja.

3.2.3. Altura de la Planta

Figura 3.5

Prueba de Tukey de los efectos principales de variedades de arveja y microorganismos en altura de la planta. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



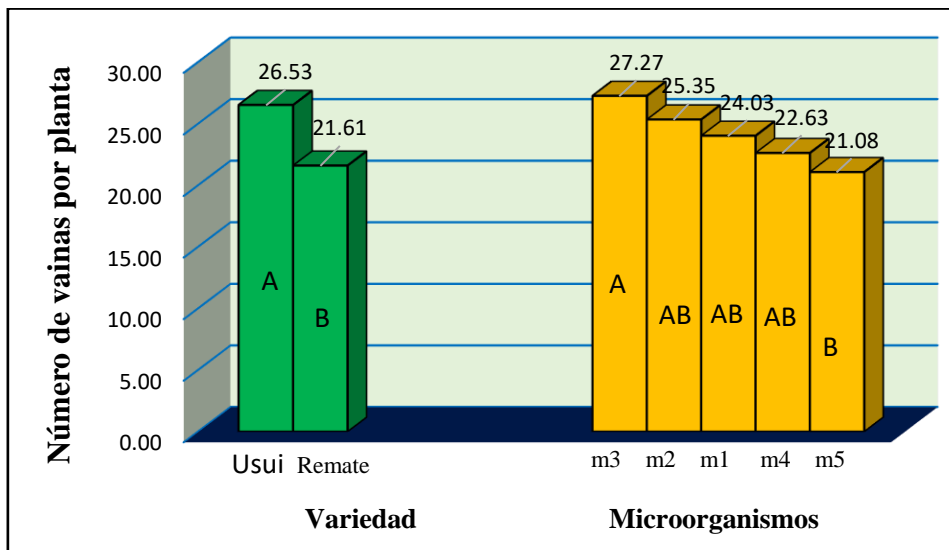
En la prueba de Tukey de altura de la planta (figura 3.5) se puede apreciar que la variedad Usui obtuvo mayor altura con un valor de 129.05 cm superando estadísticamente a la variedad Remate que obtuvo una altura de 108.28 cm. El tratamiento m3 (consorcio de HMA + *Rhizobium*) obtuvo un valor de 126.40 cm siendo el mayor promedio, seguido por m2 (*Rhizobium*) con 121.10 cm, en la comparación de dichos niveles no hay diferencia estadística.

Laing (1979) citado por Leon (1998) en Cali Colombia, menciona que el crecimiento y desarrollo de las plantas dependen del genotipo (constitución genética), del medio ambiente y las prácticas culturales. Además, la altura de la planta es cuantitativa y controlada por poligenes. La altura de la planta depende del hábito de crecimiento de las plantas, siendo estas determinadas o indeterminadas. Se observa claramente, que la variedad Usui supera en altura a la variedad Remate, la predominancia varietal se observa en todos los tratamientos, este resultado es congruente con de Valdez (2017) quien menciona, el carácter varietal del genotipo evaluado influye en la altura de planta, observando a la variedad Usui como dominante en mayor altura en cualquier modalidad de siembra.

3.2.4. Número de Vainas por Planta

Figura 3.6

Prueba de Tukey de los efectos principales de variedades de arveja y microorganismos en el número de vainas por planta. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



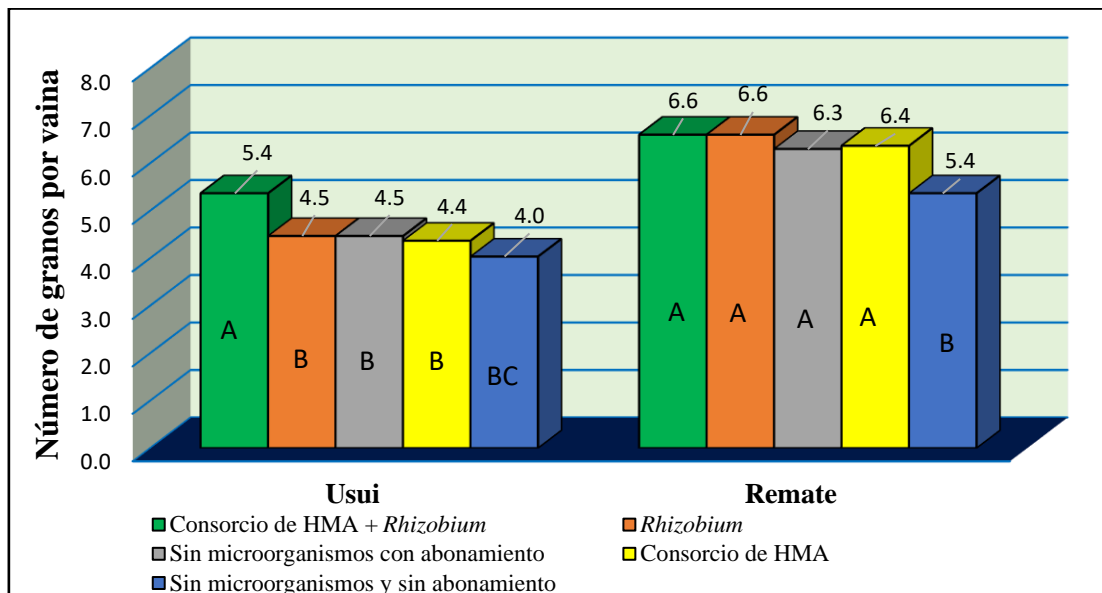
La prueba de Tukey de número de vainas por planta (figura 3.6) demuestra que la variedad Usui obtuvo mayor número de vainas con un valor de 26.53 vainas/planta, superando estadísticamente a la variedad Remate que obtuvo 21.61 vainas/planta. El tratamiento m3 (consorcio de HMA + *Rhizobium*) obtuvo 27.27 vainas/planta siendo el mayor promedio, seguido por m2 (*Rhizobium*) con 25.35 vainas/planta, en la comparación de dichos niveles no hay diferencia estadística.

En la investigación realizada por Ochoa (2012) en *Rhizobium* en el rendimiento de vaina de cinco variedades de arveja obtuvo como resultado para las variedades Remate 12.7 vainas por planta y Usui con 12.7 vainas por planta. Mientras tanto en la presente investigación se obtuvo un mayor número de vainas por planta, en Usui 26.53 vainas/planta y en Remate 21.61 vainas por planta. Sobre esta diferencia, es necesario precisar que el autor realizó la investigación a 3500 msnm, en terreno con 10% de pendiente, utilizando solo *Rhizobium* y sin utilizar tutorado. Valdez (2017) en su trabajo de investigación reportó 25.8 vainas por planta en la variedad Usui y 21.1 vainas por planta en la variedad Remate. Comparando con los resultados de la presente investigación, en la variedad Usui es ligeramente inferior; mientras en la variedad Remate son similares.

3.2.5. Número de Granos por Vaina

Figura 3.7

Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en número de granos por vaina. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



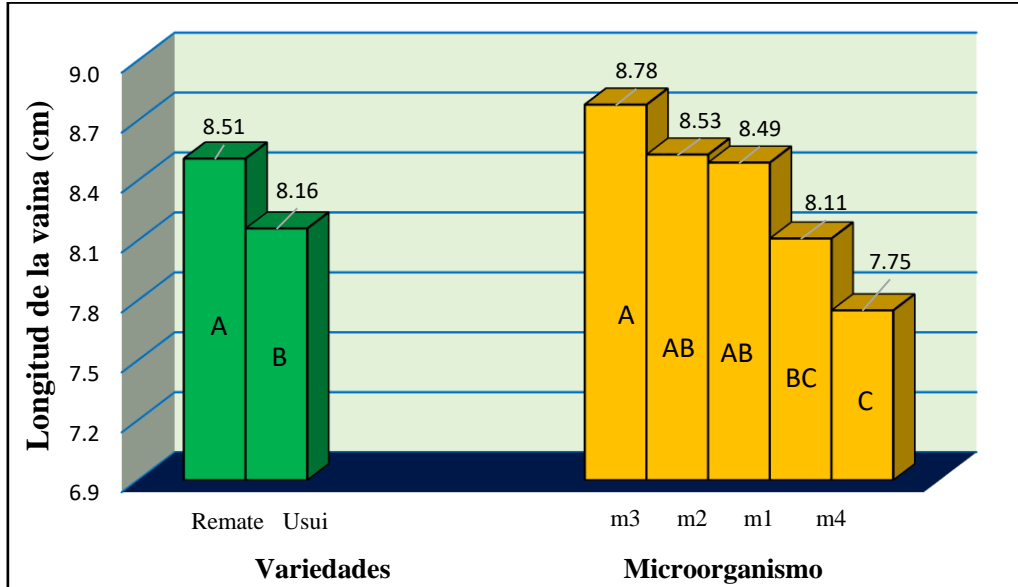
La prueba de Tukey de número de granos por vaina (figura 3.7) demuestra que la variedad Remate tiene mayor número de granos por vaina, siendo la mezcla (consorcio de HMA + *Rhizobium*) y *Rhizobium* los tratamientos con mayor valor, 6.6 granos/vaina en ambos tratamientos, pero no se diferencia estadísticamente del resto de los tratamientos; en caso de la variedad Usui de igual manera la mayor respuesta se obtuvo con la mezcla (consorcio de HMA + *Rhizobium*) con 5.4 granos por vaina que supera al resto de los tratamientos.

Los resultados obtenidos por Ochoa (2012) en el número de granos por vaina en la variedad Remate y Usui fueron 5.9 y 4.3 granos por vaina respectivamente, que son inferiores a los resultados del presente trabajo de investigación. Sobre esta desigualdad, vale precisar que el autor llevó a cabo el trabajo de investigación sin utilizar el tutorado, e inoculando solo con *Rhizobium* sin hongos micorrícicos a 3500 msnm. Quispe (2010), reporta en su trabajo con efecto de número de aplicaciones con tipos de microorganismos en el cultivo de arveja variedad Remate, obteniendo un promedio de 6.48 granos por vaina, que es similar a los resultados de la presente investigación en condiciones de Canaán. Los valores obtenidos en el presente experimento son similares a los encontrados por Rondinel (2014), quien reporta en las variedades Remate y Usui con 6.6 y 5.5 granos por vaina respectivamente en condiciones de Canaán.

3.2.6. Longitud de Vaina

Figura 3.8

Prueba de Tukey de los efectos principales de variedades de arveja y microorganismos en la longitud de vainas. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



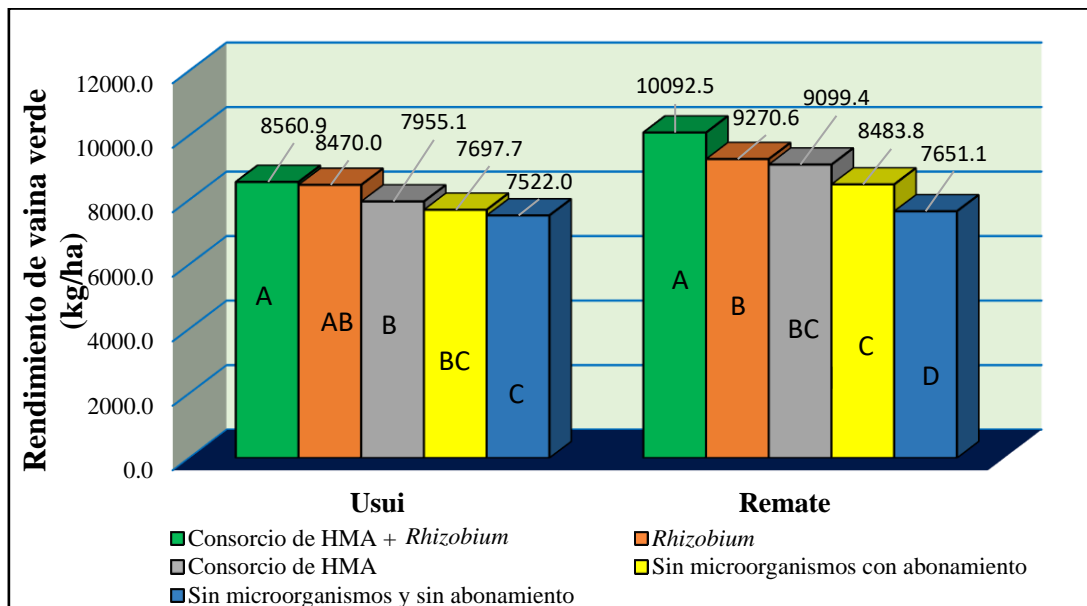
En la prueba de Tukey de longitud de vaina (figura 3.8) se demuestra que la variedad Remate obtuvo mayor longitud de vainas con 8.51 cm, superando estadísticamente a la variedad Usui de 8.16 cm de longitud. Se observa que el tratamiento m3 (consorcio de HMA + *Rhizobium*) obtuvo mayor valor con 8.78 cm de longitud, pero no presenta diferencias estadísticas con m2 (*Rhizobium*) y m1 (consorcio de HMA).

Valdez (2017) determinó la longitud de vaina en las variedades de Remate y Usui con valores de 8.58 cm y 6.78 cm respectivamente, comparando estos resultados con los datos obtenidos en la presente investigación son similares en la variedad Remate y en la variedad Usui son inferiores. Moises (2017) determinó la longitud de vaina en la variedad Usui 7.9 cm utilizando nivel de abonamiento 2.0 Ton/ha, que es similar a los resultados obtenidos del testigo de la presente investigación. Sobre esta similitud con el testigo, vale precisar que el autor llevó a cabo el trabajo de investigación solamente aplicando guano de islas sin la inoculación de microorganismos; similar al testigo de la presente investigación, donde se aplicó abono de fondo sin microorganismos.

3.2.7. Rendimiento de Vaina Verde

Figura 3.9

Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el rendimiento de vaina verde. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



La prueba de Tukey del rendimiento de vaina verde (figura 3.9) demuestra que la variedad Remate tiene mayor rendimiento, siendo la mezcla (consorcio de HMA + *Rhizobium*) que supera estadísticamente al resto de tratamientos con un valor de 10092.5 kg/ha. En la variedad Usui, la mayor respuesta se encontró en los tratamientos mezcla y *Rhizobium* con 8560.9 kg/ha y 8470.0 kg/ha respectivamente. Los tratamientos con testigo absoluto en ambas variedades obtuvieron valores inferiores al resto de tratamientos.

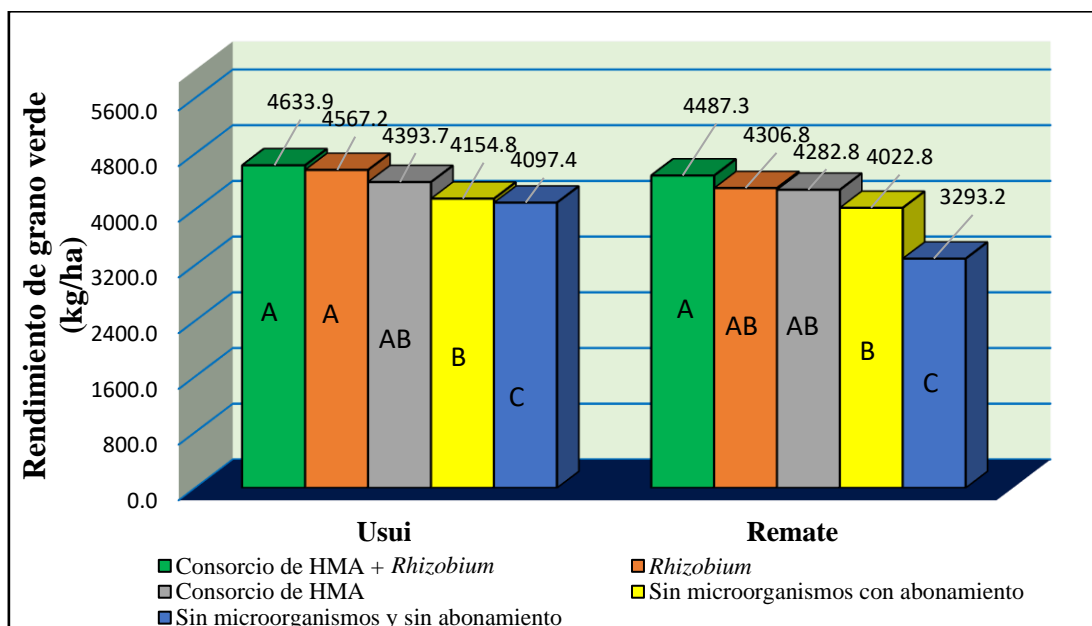
Liriano (2012) al aplicar *Rhizobium* y micorriza en frijol determinó que la coinoculación de *Rhizobium* y micorrizas mostró los mejores resultados en las variables de crecimiento evaluadas, así como en el rendimiento y sus componentes. Siendo congruente a los resultados de la presente investigación, donde la mezcla de consorcio de HMA + *Rhizobium* mostraron mayores respuestas en el rendimiento de vaina verde. Ochoa (2012) muestra los rendimientos en vaina verde con el uso de fertilizantes + *Rhizobium*, en la variedad Remate 8000 kg/ha y Usui 6600 kg/ha, comparando con nuestros resultados observamos que los rendimientos obtenidos por dicho autor son inferiores a lo nuestro. Sobre esta desigualdad, vale precisar que el autor llevó a cabo el trabajo de investigación sin utilizar el tutorado. Bustamante et al. (2022) demuestran que la inoculación de *Rhizobium* en leguminosas incorpora nitrógeno al suelo, ésta siendo un macro elemento esencial en la nutrición del cultivo, por consiguiente, incrementa el

rendimiento. Comparando con nuestros resultados ocupa el segundo lugar por debajo de la asociación de *Rhizobium* + HMA.

3.2.8. Rendimiento de Grano Verde

Figura 3.10

Prueba de Tukey de los efectos simples de los microorganismos en cada variedad de arveja en el rendimiento de grano verde. Canaán-Ayacucho 2750 msnm



La prueba de Tukey del rendimiento de grano verde (figura 3.10) demuestra que los tratamientos inoculados con la mezcla (consorcio de HMA + *Rhizobium*) muestran mayor rendimiento en las dos variedades de arveja, en Usui 4633.9 kg/ha y en Remate 4487.3 kg/ha sin diferencia significativa con el tratamiento *Rhizobium*. Los tratamientos con testigo absoluto en ambas variedades son las que obtuvieron valores inferiores a los de más. Los resultados muestran que la mezcla de *Rhizobium* y hongos micorrícicos arbusculares influyen positivamente en el rendimiento, que es similar a lo encontrado por Osorio (2019) quien menciona lo siguiente: las plantas inoculadas con *Rhizobium*-micorrizas obtuvieron mayor desempeño en todos los parámetros agronómicos, respecto a los controles, al no estar inoculados de dicha simbiosis de microorganismos expresaron un desarrollo bajo.

4. CONCLUSIONES

1. La interacción de *Rhizobium* + consorcio de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) ha influido positivamente en el rendimiento del cultivo de arveja en las dos variedades (Remate y Usui), obteniéndose 10092.5 kg/ha en Remate y 8560.9 kg/ha en Usui en rendimientos de vaina verde, superiores al resto de los tratamientos.
2. La aplicación de *Rhizobium* y también los HMA influyen positivamente en las dos variedades, lográndose un rendimiento en vaina verde de 9270.6 kg/ha en Remate y 8470.0 kg/ha en Usui con *Rhizobium* sin diferencias significativas con el tratamiento *Rhizobium* + consorcio de hongos micorrícicos arbusculares y superior a los controles.
3. Todos los tratamientos inoculados con microorganismos superan al testigo sin microorganismos en todos los parámetros evaluados.
4. La interacción de *Rhizobium* + hongos micorrícicos arbusculares reportó mejores resultados en los parámetros de rendimiento de grano verde 4633.9 kg/ha en Usui y 4487.3 Kg/ha en Remate, altura de la planta 129.05 cm en Usui y 108.28 cm en Remate, así como en número de vainas por planta, longitud de vaina, peso seco de la parte aérea y radicular en ambas variedades.
5. Mayor porcentaje de colonización presentó los inoculados con consorcio de HMA, 86.63% en Remate y 79.80% en Usui; así como mayor nodulación de la raíz presentó los inoculados con *Rhizobium*, con 38.2 y 24.1 nódulos por planta en Usui y Remate respectivamente.

5. RECOMENDACIONES

1. Incentivar el uso de la mezcla de *Rhizobium* y hongos micorrícicos arbusculares (HMA) o la aplicación independiente de *Rhizobium* u hongos micorrícicos arbusculares, porque en el cultivo de arveja incrementan el rendimiento de vaina verde en ambas variedades, Usui y Remate.
2. Continuar con otros proyectos de investigación aplicando *Rhizobium*, hongos micorrícicos arbusculares (HMA) o la mezcla en otros cultivos de importancia en la región, con el fin de mejorar el rendimiento de los cultivos.
3. Utilizar como abono de fondo abonos orgánicos bien descompuestos aplicando a una profundidad considerable y no debe estar en contacto directo con las semillas, ya que la

arveja en la etapa de germinación y emergencia es muy susceptible a la pudrición radicular (chupadera).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bustamante, C., Ferrás, Y., Hernández, I., & Rivera, R. (2022). Beneficios del intercalamiento de canavalia inoculada con hongos micorrícicos y Rhizobium en Coffea canephora. *Agronomía Mesoamericana*, 33(2). doi:10.15517/am.v33i2.46288
- Caldera, E., Acosta, K., Garcés, G., Petit, B., Gutiérrez, W., & Pérez, C. (2013). Respuesta del cultivo fríjol (*Vigna unguiculata* L. Walp) variedad catatumbo a la inoculación con micorrizas nativas y comerciales bajo condiciones controladas. *REDIELUZ*, 3(1 y 2), 157-164.
- De Ron, A. (2015). *Grain Legumes* (Vol. 10). Springer. doi.org/10.1007/978-1-4939-2797-5
- Hidalgo, J., Cynthia, R., Lezama, P., Chuna, P., & Chaman, E. (2019). Coinoculación de *Rhizophagus irregularis* y *Rhizobium* sp en *Phaseolus vulgaris* L. var. canario (Fabaceae) "frijol canario". *Arnaldoa*, 26(3), 991-1006. doi:http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26309
- Leon, S. (1998). *Prueba de rendimiento de arveja (Pisum sativum L.) en cuatro fórmulas de abonamiento y tres densidades de siembra Andahuaylas a 2990 msnm*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Leppyanen, I., Shtark, O., Pavlova, O., Bovin, A., Ivanova, K., Serova, T., & Dolgikh, E. (2021). Analysis of the effects of joint inoculation by arbuscular Mycorrhizal fungi and Rhizobia on the growth and development of pea plants *Pisum sativum* L. *Agricultural Biology*, 56(3), 475-486. doi:10.15389/agrobiology.2021.3.475eng
- Masson-Boivin, C., & Sachs, J. (2018). Symbiotic nitrogen fixation by rhizobia — the roots of a success story. *Current Opinion in Plant Biology*, 44, 7-15. doi:https://doi.org/10.1016/j.pbi.2017.12.001
- Moises, J. (2017). *Densidad de plantas y niveles de guano de isla en el rendimiento en vaina verde de arveja (pisum sativum l.) bajo labranza de conservación. Tambillo 2688 msnm-ayacucho*. [Tesis de grado, UNSCH]. Repositorio institucional. http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3247
- Ochoa, K. (2012). *El Rhizobium en el rendimiento en vaina de cinco variedades de arveja (pisum sativum l.) Vinchos 3643 msnm - Ayacucho*. [Tesis de grado, UNSCH]. Repositorio institucional. http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2025
- Osorio, M. (2019). *Establecimiento de la simbiosis Rhizobium-Micorrizas en fréjol de palo Cajanus cajan, bajo condiciones controladas*. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil.
- Pabón, L., Wilson, G., Fernando, J., & Cuásquer, A. (2011). *Alternativas de control fitosanitario en tres variedades de arveja (pisum sativum l) con el uso de biofertilizantes (rhizobium y micorrizas), silicio y pesticidas en bolívar-carchi*. [Tesis de grado, UTN]. Repositorio institucional. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/12-3456789/794

- Prado, G. (2021). *Efecto de la co-inoculación de Burkholderia ubonensis y Rhizobium spp. sobre el rendimiento de Pisum sativum cultivada en Mache - Otuzco – La Libertad*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio institucional. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/17903/Prado%20Ch%c3%a1v%20arri%2c%20Gardenia%20Lizet.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quispe, W. (2010). *Microorganismos eficaces (E.M.) en el rendimiento de arveja (pisum sativum l), variedad Remate en Canaán a 2750 msnm - Ayacucho*. [Tesis de grado, UNSCH]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/-UNSCH/3186>
- Rondinel, R. (2014). *Rendimiento en vaina verde de tres variedades de arveja (pisum sativum l.) en tres modalidades de siembra bajo el sistema de agricultura de conservación. Canaán a 2750 msnm- Ayacucho*. [Tesis de grado, UNSCH]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/901>
- Sanjur, J., Álvarez, J., & Londoño, C. (2013). Efecto de uso del suelo bajo un sistema silvopastoril estrella (Cynodon plectostachyus) y leucaena (Leucaena leucocephala) sobre las simbiosis (Rhizobium, Micorrizas). *Revista Veterinaria y Zootecnia*, 7(2), 28-36.
- Valdez, N. (2017). *Rendimiento en vaina verde de variedades de arveja (pisum sativum l.) con y sin tutor. Socos a 3200 msnm – Ayacucho*. [Tesis de grado, UNSCH]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2666>
- Valdiviezo, L. (2021). *Compatibilidad funcional entre especies de leguminosas de cobertura y hongos micorrícicos arbusculares, bajo condiciones de invernadero en la región San Martín*. [Tesis de pregrado, UNSM]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4522>

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS****Bach. DAVID CCENTE CERDAN****R.D. N° 500-2023-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los diez días del mes de octubre del año dos mil veintitrés, siendo las dieciséis horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del señor Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias Dr. Felipe Escobar Ramírez, los miembros del jurado conformado por el Dra. Nery Luz Santillana Villanueva, Dra. Roberta Esquivel Quispe como asesor, Ing. Eduardo Robles García e Ing. Jorge Luis Huamancusi Morales; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulada: **Rhizobium y consorcio de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) en el rendimiento de vaina verde de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.), Ayacucho, 2750 msnm.** para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **DAVID CCENTE CERDAN**.

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberacion y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dra. Nery Luz Santillana Villanueva	15	14	16	15
Dra. Roberta Esquivel Quispe	16	17	16	16
Ing. Eduardo Robles García	15	16	15	15
Ing. Jorge Luis Huamancusi Morales	16	15	16	16
PROMEDIO GENERAL				16

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.

.....
Dra. Nery Luz Santillana Villanueva
Presidente

.....
Dra. Roberta Esquivel Quispe
Asesora

.....
Ing. Eduardo Robles García
Jurado

.....
Ing. Jorge Luis Huamancusi Morales
Jurado

.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R; hace constar que el trabajo titulado;

***Rhizobium* y consorcio de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en el rendimiento de vaina verde de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.), Ayacucho, 2750 msnm.**

Autor : David Ccente Cerdan

Asesor : Roberta Esquivel Quispe

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **ventiseis por ciento (26 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2202305561

Ayacucho, 20 de octubre de 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias

M. Sc. Walter A. Mateu Mateo
Páte. Comisión Turnitin - FCA

Rhizobium y consorcio de
hongos micorrícicos
arbusculares (HMA) en el
rendimiento de vaina verde de
dos variedades de arveja
(*Pisum sativum* L.), Ayacucho,
2750 msnm
por David Ccente Cerdan

Fecha de entrega: 20-oct-2023 07:19p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2202305561

Nombre del archivo: nte..-Rhizobium_y_consorcio_de_hongos_micorrificos....._2.pdf (4.28M)

Total de palabras: 19921

Total de caracteres: 110070

Rhizobium y consorcio de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en el rendimiento de vaina verde de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.), Ayacucho, 2750 msnm

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

27%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

15%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	7%
3	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	1%
6	newhollandmitsui.com Fuente de Internet	1%
7	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1%

9	journal.upao.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %
12	pgc-snia.inia.gob.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	vdocuments.es Fuente de Internet	<1 %
15	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
16	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	1library.co Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21 alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

22 tesis.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo