



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

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



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CONSTANCIA DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD 2024

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DEL PALLAR (PHASEOLUS LUNATUS L.)
CULTIVAR PRECOZ A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS, EN SUBTANJALLA
- ICA

Presentado por:

YARASCA LAURENTE LUIS ALBERTO

Graduado del nivel Pregrado de la Facultad de Agronomía. El resultado obtenido es 02% de similitud (Dos por ciento de similitud) por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO

Según Reglamento para la evaluación de la originalidad de los documentos de investigación, aprobado con Resolución Rectoral N° 1668-R-UNICA-2020 - (18.1 La Universidad considera como original al documento de investigación que presenta un porcentaje de similitud menor o igual al veinte por ciento (20%) con textos de otros autores, según el informe automatizado de originalidad del programa informático adoptado por la Universidad.)

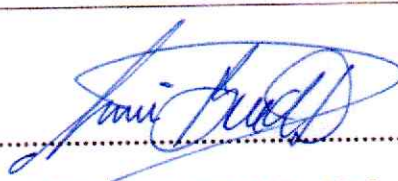
Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

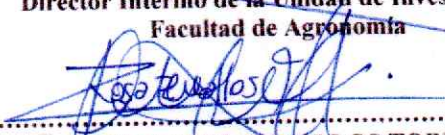
Observaciones:

- Se analizó la **TESIS** mediante el programa informático iThenticate.
- Se consideró la exclusión de cadenas sintácticas de **40 palabras**, se adjunta pantallazo de la exclusión.

(15.5 La exclusión de cadenas sintácticas cortas proceden para evitar que, frases habituales o de conexión, sean reportadas como similitudes. La longitud de las cadenas excluidas no debe superar las cuarenta (40) palabras y debe adecuarse a las características de la disciplina a la que corresponde el documento evaluado, además debe constar en el informe los criterios de exclusión utilizados.)

Ica, 01 de julio de 2024


.....
Dr. LUIS FELIPE BENDEZU DIAZ
Director Interino de la Unidad de Investigación
Facultad de Agronomía


.....
ROSA ISABEL ZEVALLOS TORRES
Operador del Programa Informático iThenticate
Evaluador de Originalidad
Facultad de Agronomía

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Respuesta del rendimiento y calidad de grano del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) cultivar Precoz a la inoculación con rizobacterias y micorrizas, en Subtanjalla - Ica

Línea de Investigación: Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles

INFORME FINAL DE TESIS

YARASCA LAURENTE LUIS ALBERTO

Ica – Perú

2023

A MI MADRE Y HERMANA:

REYMUNDA LAURENTE Y ROSA YARASCA:

Muy agradecido en especial con mi madre por su gran apoyo incondicional, por sus buenos deseos, sus buenos consejos, su paciencia y valores.

Gracias por creer en mí y en mis sueños; así mismo, por ser la persona que soy y que Dios te siga dando la vida.

A MI MADRE, ETERNAMENTE AGRADECIDO.

MI ESPECIAL AGRADECIMIENTO:

A la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, alma mater de mi formación profesional.

A la **Facultad de Agronomía**, y a los docentes por su paciencia y sabias enseñanzas durante mi formación profesional.

Al **Mag. Guillermo Espino Tipismana**, Asesor de la presente tesis, por sus consejos y apoyo en el manejo del cultivo.

A la **Ph. D. Luz Espinosa de Arenas**. Muy agradecido por sus valiosos consejos en manejo del cultivo de pallar y a la vez por su valiosa orientación hasta la etapa final del proyecto.
De misma manera

Al **Mag. Pedro Antonio Aquije Gómez**, por su valioso aporte y oportunos consejos durante la conducción del cultivo de pallar.

A **Bryan R. Mitma Astocasa**, mi amigo y compañero de estudio, por las buenas y malas experiencia inolvidables y a la vez su valioso apoyo para completar la realización del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	01
1.1. Planteamiento del problema	02
1.2. Justificación e importancia de la investigación	15
1.3. Hipótesis de la investigación.....	16
1.4. Variables de la investigación.....	17
1.5. Objetivos de la investigación	17
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	18
2.1. Materiales.....	18
2.2. Métodos	21
III. RESULTADOS	33
IV. DISCUSIONES	45
V. CONCLUSIONES.....	52
VI. RECOMENDACIONES	53
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
VIII. ANEXOS	58
8.1. Anexo 1: Análisis de suelo.....	58
8.2. Anexo 2: Datos meteorológicos	59
8.3. Anexo 4: Datos para análisis estadísticos	63
8.4. Anexo 5: Panel fotográfico	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis Físico – Mecánico del suelo	19
Tabla 2. Análisis químico del suelo.....	19
Tabla 3. Observaciones meteorológicas de setiembre 2023 a enero 2024	20
Tabla 4. Tratamiento de estudio	21
Tabla 5. Cronograma de cultivos y deshierbos.....	26
Tabla 6. Malezas más frecuentes.....	27
Tabla 7. Cronograma de aplicaciones foliares.....	28
Tabla 8. Cronograma de manejo fitosanitario	28
Tabla 9. Cronograma de aplicaciones de riego.....	30
Tabla 10. Análisis de varianza del porcentaje de emergencia en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	33
Tabla 11. Prueba de Rango Múltiple de Duncan del porcentaje de emergencia en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	33
Tabla 12. Análisis de varianza de la longitud de la parte aérea por planta en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	34
Tabla 13. Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte aérea por planta en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	34
Tabla 14. Análisis de varianza de la longitud de la parte radicular por planta en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	35
Tabla 15. Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte radicular por planta en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	35

Tabla 16. Análisis de varianza del número de nódulos por planta en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	36
Tabla 17. Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de nódulos por planta en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	36
Tabla 18. Análisis de varianza del peso seco de la biomasa aérea por planta en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	37
Tabla 19. Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la biomasa aérea por planta en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	37
Tabla 20. Análisis de varianza del peso seco de la biomasa radicular por planta en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	38
Tabla 21. Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la biomasa radicular por planta en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	38
Tabla 22. Análisis de varianza del número de vainas por planta en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	39
Tabla 23. Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de vainas por planta en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	39
Tabla 24. Análisis de varianza del peso de 100 granos en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	40
Tabla 25. Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de 100 granos en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	40

Tabla 26. Análisis de varianza del porcentaje de grano sano y defectuoso en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	41
Tabla 27. Prueba de Rango Múltiple de Duncan del porcentaje de grano sano en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	41
Tabla 28. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno en el grano en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	42
Tabla 29. Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de 100 granos en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	42
Tabla 30. Análisis de varianza del peso de granos por planta en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	43
Tabla 31. Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de granos por planta en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	43
Tabla 32. Análisis de varianza del rendimiento por parcela en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	44
Tabla 33. Prueba de Rango Múltiple de Duncan del rendimiento por parcela en respuesta del rendimiento y calidad del grano del pallar a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución de los tratamientos en el croquis experimental.....	23
Figura 2 Preparación y nivelado del terreno.....	65
Figura 3 Surcado del terreno	65
Figura 4 Riego de machaco.....	65
Figura 5 Inoculación de las semillas con <i>Bradyrhizobium sp.</i>	66
Figura 6 Inoculación de las semillas con <i>Bacillus sp.</i>	66
Figura 7 Inoculación de las plántulas con micorrizas (<i>Glomus intraradices</i> , <i>Glomus mosseae</i> , <i>Gigaspora margarita</i>) a los 15 DDS.....	66
Figura 8 Evaluación de emergencia	67
Figura 9 Cosecha.....	67
Figura 10 Evaluación del peso de seco de biomasa radicular	67

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la respuesta del rendimiento y calidad de grano del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) cultivar Precoz a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla – Ica, se planificó la presente investigación en la época de primavera- verano, probando seis tratamientos: T1: *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp., T2: *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Micorrizas, T3: *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Micorriza + Micorriza, T4: Micorriza + micorriza, T5: Testigo NPK+ y T6: Testigo absoluto, en Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con cuatro repeticiones. La siembra se realizó en el mes de setiembre con marco de plantación de 0.80 x 0.40 m, con riego por gravedad. Los resultados obtenidos demostraron que el T3, obtuvo los mejores promedios, superando a los demás tratamientos en las variables: longitud de la parte aérea y radicular, número de nódulos, peso seco de la biomasa aérea y radicular, número de vainas por planta, inclusive desplazando al T5 fertilizado. También destacó con 72% de grano sano, superando a los demás tratamientos, sin diferencia significativa. No hubo diferencia significativa en el contenido de Nitrógeno en el grano, destacando T5, T4 y T3 con 2.95, 2.93 y 2.86% de N, respectivamente. En cuanto al rendimiento de grano, los mejores promedios lo obtuvieron T4, T3 y T2, tratamientos que consistieron en la aplicación de micorrizas, solas o combinadas con las cepas seleccionadas de rizobacterias con 3,963.48; 3,926.25 y 3,883.83 kg ha⁻¹, respectivamente, superando al testigo fertilizado que obtuvo 3,557.67 kg ha⁻¹, aunque sin diferencia significativa.

Palabras clave: *Phaseolus lunatus* - *Bacillus* - *Bradyrhizobium* - Micorrizas - Inoculación

ABSTRACT

In order to of determining the response of the yield and grain quality of the Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) cultivar Precoz to inoculation with rhizobacteria and mycorrhizae in Subtanjalla - Ica, the present investigation was planned in the spring-summer season, testing six treatments: T1: *Bacillus* sp + *Bradyrhizobium* sp., T2: *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.+ Mycorrhizae, T3: *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.+ Mycorrhiza + Mycorrhiza, T4: Mycorrhiza + mycorrhiza, T5: NPK+ Control and T6: Absolute Control, in Block Design Completely Random (DBCA), with four repetitions. Planting was carried out in the month of September with a 0.80 x 0.40 m planting frame, with gravity irrigation. The results obtained showed that T3 obtained the best averages, surpassing the other treatments in the variables: length of the aerial and root part, number of nodules, dry weight of the aerial and root biomass, number of pods per plant, including displacing the fertilized T5. It also stood out with 72% healthy grain, surpassing the other treatments, without significant difference. There was no significant difference in the Nitrogen content in the grain, highlighting T5, T4 and T3 with 2.95, 2.93 and 2.86% of N, respectively. Regarding grain yield, the best averages were obtained by T4, T3 and T2, treatments that consisted of the application of mycorrhizae, alone or combined with the selected strains of rhizobacteria with 3,963.48; 3,926.25 and 3,883.83 kg ha⁻¹, respectively, surpassing the fertilized control that obtained 3,557.67 kg ha⁻¹, although without a significant difference.

Keywords: *Phaseolus lunatus* - *Bacillus* - *Bradyrhizobium* - Mycorrhizas - Inoculation

I. INTRODUCCIÓN

El pallar (*Phaseolus lunatus* L.) es uno de los cultivos más importantes en el ámbito social, económico y cultural de la región Ica; por su alto contenido de proteínas (20-22%), carbohidratos, minerales, vitaminas y fibras [1]. Estas cualidades nutricionales respaldan su demanda en el mercado nacional e internacional. El cultivo de pallar al ser una leguminosa, tiene valor agronómico como mejorador del suelo ya que contribuye a una fertilización nitrogenada, producto de su simbiosis con bacterias del género *Bradyrhizobium* o *Rhizobium*, que están presentes nativamente en nuestros suelos [2].

En la actualidad el uso de fertilizantes químicos aumenta los costos de producción, su mal uso contribuye a la contaminación del medio ambiente, sin embargo, en estos últimos años se ha estado investigando el rol importante de los microorganismos de rizosfera, tal es el caso de hongos micorrízicos y rizobacterias, en la producción de cultivos.

La importancia del uso de inoculantes de cepas seleccionadas de *Bradyrhizobium* y *Bacillus* que son bacterias simbióticas dedicadas a la fijación de nitrógeno biológico, agentes promotores del crecimiento vegetal, de igual forma induce el buen desarrollo de la cabellera radicular. Su uso como alternativa ante la fertilización química, tiene buenas ventajas ya que el producto obtenido es sano y menos contaminados [3].

Dado el interés creciente en la reducción del uso de productos agroquímicos y también por la agricultura ecológica, las bacterias promotoras del crecimiento vegetal se vienen constituyendo en una alternativa al uso de fertilizantes y agroquímicos, y además pueden ampliar el espectro de suelo que se pueden utilizar para los cultivos, ya que disminuyen el estrés y aumenta la producción de las plantas cultivadas en suelos pobres, degradados o incluso contaminados [3].

Por otro lado, los hongos micorrízicos forman asociaciones simbióticas con casi todas las plantas terrestres. Estos hongos subterráneos desempeñan un papel clave en los ecosistemas terrestres, ya que regulan los ciclos de nutrientes y carbono, e influyen en la estructura del suelo y la multifuncionalidad de los ecosistemas. Hasta el 80% del N y P de las plantas lo proporcionan los hongos micorrízicos y muchas especies de plantas dependen de estos simbioses para su crecimiento y supervivencia [4].

Se espera que el presente proyecto de investigación contribuya a sustituir los fertilizantes sintéticos, que dañan en su conjunto al medio ambiente que nos rodea; por una práctica más agroecología con el medio, que utilice el uso de biofertilizantes tal es el caso de bacterias y micorrizas que contribuyen a mejorar el suelo en su conjunto, a la vez, darles atributos de calidad y cantidad a la producción.

1.1 Planteamiento del problema

1.1.1 Situación problemática

El pallar es un cultivo que simboliza parte de la identidad de la región de Ica; por sus excelentes cualidades como alimento que aporta buen porcentaje de proteínas (20-22%), como también debido a su gran adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas particulares de las zonas productoras del valle de Ica; con el que se puede alcanzar altos rendimientos, pero debido a que se viene realizando agricultura intensiva con cultivos de exportación; los suelos quedan desgastados, lo que se agrava por la limitada disponibilidad del recurso hídrico, originando una disminución de las áreas sembradas con pallar al carecer de alternativas de solución al problema integral de este cultivo emblemático para nuestra región y el país.

La situación de los agricultores productores de pallar, es más compleja, porque por parte de las entidades del estado, no existen programas de capacitación sobre transferencia de tecnología; teniendo conocimiento de experiencias exitosas en otros cultivos de la mano de la empresa privada; tampoco se promueven alianzas estratégicas con la empresa privada para compartir experiencias sobre el uso de nuevas alternativas que hay en el mercado, como los biofertilizantes que son las micorrizas, rizobacteria; microorganismos eficientes, los cuales actúan mejorando la absorción nutriente haciendo que las formas más insolubles sean solubles con respecto a las micorrizas, así mismo, la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de las rizobacterias; mejorando así la producción de sus cultivos con el valor agregado de producir granos más sanos, menos contaminados; por los cuales se puede pedir precios más justos.

En el caso particular de nuestra región, los agricultores que se dedican a este cultivo, tienen escasa información acerca del comportamiento del cultivo del pallar frente a la combinación de productos biotecnológicos como la inoculación de microorganismos eficientes y la aplicación de micorrizas en la búsqueda de encontrar una mejor respuesta en el rendimiento y calidad del grano en siembras cercanas a la primavera, etapa en la que las temperaturas van en ascenso. Como se sabe, las variedades o cultivares tradicionales de ciclo mayor a seis meses, no se siembran en la etapa de primavera verano; por lo que se siembran una sola vez al año, en el primer trimestre del año.

La situación problemática mencionada, pone en evidencia una gran brecha tecnológica porque el uso de productos biotecnológicos aún no beneficia a la agricultura tradicional, productora de los alimentos que llegan a la mesa del poblador urbano y rural, lo que puede poner en riesgo la seguridad alimentaria; siendo por tanto, responsabilidad de las instancias pertinentes o instituciones públicas como la Academia, realizar investigaciones

participativas en campo de agricultores a fin de acercar al agricultor las evidencias de los beneficios del uso de estos productos.

1.1.2 Aspectos científicos vinculados a la investigación

1.1.2.1 Sobre el cultivo de pallar

El pallar, *Phaseolus lunatus* L., es originario de América Latina, donde la forma silvestre aparece como una hierba anual o plurianual, caracterizada por un hábito de crecimiento entrelazado indeterminado y por alogamia facultativa. La especie se cultiva hoy en los continentes africano, americano y asiático. Una clasificación infraespecífica distingue las formas silvestres *P. lunatus* var. *silvester*, formas cultivadas, *P. lunatus* var. *Lunatus* [5].

Maquet, et al. [6], afirman que según las investigaciones que realizaron con respecto a las relaciones filogenéticas entre accesiones silvestres de pallar (*Phaseolus lunatus*) y aliados silvestres de origen mesoamericano y andino; concluyeron que las especies mesoamericanas son filogenéticamente más distantes de *P. lunatus* que las especies andinas, y aparentemente pertenecen al acervo genético terciario del pallar. Las especies silvestres andinas, investigadas por primera vez, revelan una gran similitud con el pallar y, en particular, con su acervo genético mesoamericano. Estas especies andinas probablemente constituyen un acervo genético secundario del pallar. Con todas sus observaciones sugirieron un origen andino para las especies silvestres andinas y para *P. lunatus*.

Sin embargo, probablemente haya Alrededor de 50 especies en el género, de las cuales 5 están domesticadas: frijol común (*P. vulgaris* L.), pallar (*P. lunatus* L.), frijol escarlata (*P. coccineus* L.), tepary frijol (*P. acutifolius* A. Gray) y frijol año (*P. polyanthus* Greenm.) [7].

Toro Chica et al. [8], señalan que “en América del Sur se encuentran poblaciones silvestres de semillas grandes y pequeñas, pero no en los mismos hábitats. Las poblaciones con semillas pequeñas se distribuyen a lo largo la vertiente este de la cordillera de los Andes en el centro-norte de Colombia, centro-sur de Perú y norte de Argentina. La forma silvestre de semillas grandes de *P. lunatus* se extiende en la región andina desde Cajamarca, Perú, hasta Imbabura, Ecuador, y posiblemente a Colombia.”

J. P. Baudoin [9] menciona que en Ecuador y el norte de Perú, los bosques caducifolios dan paso a estepas (matorral) debido a la escasez de precipitaciones. Este podría sugerir que las poblaciones silvestres con semillas grandes se adaptan mejor a zonas más secas. condiciones. Además, estas poblaciones son tolerantes a temperaturas más bajas. ($T_m < 15^{\circ}\text{C}$).

Sin embargo, la forma silvestre de *P. lunatus* se encuentra sólo en América y como primer centro de diversidad, mientras que la forma cultivada está ampliamente distribuida en todas las regiones tropicales del mundo y en algunas regiones templadas (por ejemplo, Italia).

Espinoza [10], hace referencia a que “los valles de la región Ica, reúnen condiciones agroecológicas apropiadas para cultivar el pallar en sus diferentes variedades, las de hábito de crecimiento indeterminado postrado o semi postrado o determinado; siendo una interesante alternativa económica para los productores, pues ahora más que antes, pueden colocar sus granos a mejores precios, ya que esta menestra es fuente importante de proteína vegetal; sin embargo tiene factores limitantes debido a un inadecuado manejo del suelo, del agua, de los nutrientes, de las plagas y enfermedades”.

No obstante, hace mención de las características especiales del pallar de Ica, debido a su menor contenido de ácido cianhídrico, comparado con el de otras zonas productoras de pallar y que se refleja en su sabor agradable, textura suave y delgada y aspecto cremoso al cocerse.

También menciona la época oportuna de siembra que va desde los meses de febrero y marzo, ya que se dan condiciones apropiadas como: temperaturas medias cálidas; que son óptimas para una buena germinación, emergencia y un rápido crecimiento de las plántulas. Siembras fuera de las épocas oportunas dan a entender una disminución en el rendimiento y un deterioro de la calidad del grano.

1.1.2.2 Sobre las rizobacterias (*Bacillus sp.*, y *Bradyrhizobium sp.*)

Fuentes-Ramírez, et al. [11], Definen a las PGPR como microorganismos que tienen efectos positivos directos o indirectos sobre el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos a través de diferentes mecanismos. Tales como: la fijación biológica de nitrógeno (FBN) de mayor importancia, síntesis de hormonas (auxinas y giberelinas), alivio de estrés ambiental, sinergismo con otras interacciones bacteria-planta, inhibición de síntesis de etileno en las plantas, así como una mayor disponibilidad de nutrientes como fósforo de vital importancia para el desarrollo de las células vegetales, los microelementos y mejora del crecimiento mediante compuestos volátiles.

Para [12], los mecanismos indirectos; es la reducción del efecto nocivo de los microorganismos patógenos, específicamente debido a la síntesis de antibióticos por parte de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal.

Además, [12] indican que dentro de los géneros de bacterias que tienen la capacidad solubilizan y mineralizan el fosfato inorgánico, por medio de la producción de ácidos

inorgánicos están: *Bacillus sp*, *Stenotrophomonas*, *Burkholderia*, *Pseudomonas sp*, *Rhizobium sp*, *Vibrio proteolyticus*, *Enterobacter aerogenes* y *Streptomyces*, entre otros. Mientras que el fosfato orgánico es mineralizado por enzimas fosfatasas.

También estas bacterias tienen influencia y gran participación en el ciclaje de nutrientes como nitrógeno y fósforo, son capaces de tomar formas no disponibles para la planta y transformarlas, hasta la obtención de formas asimilativas para las células vegetales [13].

Las rizobacterias se caracterizan por ser capaces de penetrar en los pelos de las raíces de las plantas leguminosas de zonas tropicales y templadas, e incitar la formación de nódulos radiculares, en las que las rizobacterias se presentan como simbioses fijadoras de nitrógeno intracelular. Algunas cepas, especialmente *B. elkanii*, fijan nitrógeno en estado de vida libre cuando se examinan en condiciones especiales [14].

Alarcón et al [15], menciona que las cepas de rizobacterias pueden dividirse en dos grandes grupos: las de crecimiento rápido o grupo I (2 a 5 días), las cuales acidifican el medio, género *Rhizobium*, y las de crecimiento lento o grupo II (5 a 7 días), las cuales alcalinizan en medio, género *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium* y *Azorhizobium*; este grupo se caracteriza por ser gran negativas, fijadoras de nitrógeno, formadoras de nódulos.

Además, todas las cepas que toleraron pH 7 a 9 pertenecían al grupo de las de crecimiento rápido o grupo I [16].

Palacio-Rodríguez, et al. [17], en su presente estudio sobre efecto de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal de tomate en condiciones de casa sombra utilizando suelo plano adicionado con fibra de coco y composta y suelo de camas elevadas sin composta, en él se estudió el efecto de cuatro cepas de PGPR; observaron que los tratamientos inoculados con PGPR aumentaron significativamente el peso fresco de la raíz, con las cepas LBEndo1 y KBecto4 en condiciones de suelo plano compostado. También hubo un aumento del crecimiento de la longitud del brote, peso de la raíz y el diámetro del tallo, en comparación con los tratamientos no inoculados. Así mismo, en cuanto a rendimiento de las plantas obtuvieron buenos resultados, de las cuatro cepas utilizadas; la cepa LBEndo1 y KBecto4 tuvieron la capacidad de aumentar el peso del fruto y el diámetro ecuatorial en ambas preparaciones del suelo; camas elevadas y suelo plano suplementado con fertilizante orgánico, donde el aumento de tamaño es más evidente en los frutos de tomate, en comparación al control sin inocular.

Ruelas-Islas, et al. [18], en su presente estudio del rol de *Bacillus subtilis* y dosis de fósforo en la concentración, distribución y absorción de macronutrientes en frijol

común, observan que, en la gran mayoría de las etapas fenológicas, la inoculación con *Bacillus subtilis* supero a los tratamientos testigos. A sí mismo, los resultados obtenidos afirman que para el N la absorción aumenta gradualmente en la etapa de floración hasta la madurez fisiológica del cultivo. Asu vez, mencionan que en el presente estudio la mayor cantidad de N absorbido ocurrió en la etapa de llenado de grano. Para el caso de la absorción de P, resultados fueron las mismas que para el caso de la absorción de N.

También indican que para la absorción de K, Ca y Mg por el cultivo fue influenciada favorablemente por el tratamiento inoculado con *Bacillus subtilis*. Además, afirman que la máxima acumulación de biomasa seca en el cultivo se produce durante la etapa de llenado de grano según sus resultados.

1.1.2.3 Sobre las micorrizas

Para Trappe [19], las micorrizas arbusculares (MA) son un grupo selecto de hongos (Glomeromycota) que forman asociaciones mutualistas con la gran mayoría de plantas terrestres. Así pues, menciona que aproximadamente un 80% de las familias de plantas que existen capacidad de formar este tipo de asociación mutualista.

Camargo-Ricalde, et al. [20], hacen referencia que las micorrizas requieren para su crecimiento y desarrollo elementos como carbohidratos que la plantas le proporciona al hongo (azúcares), también de compuestos nitrogenados. A su vez, le proporciona al hongo un microclima para completar su ciclo de vida, mientras que el hongo le permite a la planta una mejor captación de agua y nutrimentos (principalmente fósforo). Además, indican que la simbiosis entre el hongo y planta modifica la morfología de la raíz, así como la alteración de exudados radicales asociado a un cambio en el metabolismo de la planta, cambios que inciden en la protección contra patógenos del suelo. Paralelamente se ha encontrado en las plantas micorrizadas, un incremento en el crecimiento de la raíz a causa de la presencia de hormonas de crecimiento.

Rohyadi [21], en sus ensayos con micorrizas arbusculares (*Gigaspora margarita*) colonizado en maíz, en condiciones ácidas, observó un aumento en la asimilación de p y puedo plantear que podría deberse una mejor exploración por parte de las hifas del hongo. Así mismo, indica que el crecimiento en suelos ácidos limita la absorción de otros nutrientes esenciales diferentes del p, como k, Ca, Mg, Cu y Zn.

Franco [22], define que gracias a una mejor asimilación tanto en nutrientes minerales y agua por parte de la micorriza, entonces, habrá un aumento de la producción y una mayor calidad biológica del cultivo. Por ende, los cultivos micorrizados (M) tendrán una mayor cantidad de P, N, Zn y peso seco de raíces y tallos que las no micorrizados (NM). A su vez, un incremento en la capacidad de absorber nutrientes mejora la

capacidad de la planta de producir fotosintatos, reflejando una mayor capacidad para nodular y una mayor actividad nitrogenasa de los nódulos.

Además, menciona que los cultivos con buenas condiciones tienen efectos muy positivos después de una inoculación suplementaria con Micorriza. A su vez, concluye que los hongos micorrizantes (VAM, ECM), son muy indispensables para las en zonas donde el suelo es muy pobre en nutrientes.

Noda [23], hace referencia que la utilización de micorrizas puede ser la clave para disminuir los fertilizantes fosforados en particular. Asimismo, la inoculación con micorrizas en suelos con altos contenidos de P incrementa el crecimiento y el establecimiento temprano de los cultivos.

Menciona, también, de que las plantas inoculadas desarrollan una calidad biológica superior como una mayor altura, vigor y área foliar, y hay un incremento del rendimiento entre 15 y 50%. Protege las raíces contra ciertos hongos patógenos. Así pues, el uso de los biofertilizantes nos permite un ahorro del 50% (volumen) en productos químicos necesarios, favoreciendo la reducción en los insumos y costos de producción. En pocas palabras, influye en el ejercicio de una agricultura sostenible y ecológicamente más sana [23].

Asu vez, indica otros aspectos importantes como es el caso de la presencia de P o una nula presencia en el suelo. Asimismo, refiere que en suelos con altos niveles de P ocurre una buena multiplicación de MVA, mientras que en bajos niveles de P en el suelo el desarrollo de las micorrizas es mínimo [23].

Hernández-Martínez, et al, [24], en sus estudios de investigación mostraron resultados sobre el contenido de P en hojas; donde obtuvieron promedios muy positivos al analizar el efecto de la inoculación. Observaron que *Glomus spp.* Zac-19 incrementó significativamente el contenido de P en el follaje de *A. farnesiana* (0.52%) en comparación con los testigos no inoculados con un valor de (0.08%) e inoculadas con los otros hongos (0.10 a 0.16%). Mientras que, en la leguminosa *P. glandulosa*, las micorrizas como *Glomus spp.* Zac-19 (0.34%) y *Gi. rosea* (0.41%) presentaron los mayores contenidos de P, en comparación con plantas testigo e inoculadas con *G. intraradices*.

Asimismo, con estos resultados demostraron el efecto benéfico de los HMA. Además, durante el tiempo que duró la investigación las plantas no se fertilizaron y su única fuente de nutrientes fue la fertilidad del suelo, la cual fue baja. Esta condición del suelo permitió a los HMA aprovechar con mayor eficiencia escasos nutrimentos del suelo, haciéndolos disponibles y aprovechables para la planta.

1.1.3 Antecedentes del problema de investigación

1.1.3.1 Antecedentes a nivel internacional

Con el objetivo de evaluar la respuesta de la variedad de soya G7-R-315, ante las inoculaciones simple y combinada de las cepas de *Bradyrhizobium japonicum* y *Glomus fasciculatum*, [25], realizó un experimento empleando un diseño de bloques al azar con seis tratamientos y cuatro réplicas. Los resultados obtenidos mostraron que los microorganismos aplicados tuvieron un efecto positivo en la altura y rendimiento de las plantas de soya, obteniéndose los mejores resultados cuando las semillas fueron inoculadas con ambas cepas, o sea cuando se co inoculó, así como en el tratamiento donde se sustituyó la fertilización nitrogenada por *Bradyrhizobium japonicum*.

En condiciones de temporal, en Tabasco, [26], realizó un estudio en dos sitios, mientras que, en Veracruz, realizó investigaciones en siete sitios en condiciones de otoño - invierno (condiciones de temporal), usando los mismos tratamientos (testigo, fertilización 46-46-00; el hongo micorrícico más fertilización 46-23-00). Como resultado en Tabasco, obtuvo rendimientos de 860 kg.ha-1 para el testigo y 1,493 kg.ha-1 para el tratamiento micorrizado, y para los sitios en Veracruz el promedio fue de 762 kg.ha-1 para el testigo y 1,007 kg.ha-1 para el tratamiento con micorriza, marcando una diferencia de 32% de rendimiento.

En un experimento de campo, en un diseño de bloques completos al azar con nueve tratamientos y seis repeticiones, [27], evaluó el efecto que produce la inoculación con la cepa *Bradyrhizobium japonicum* ICA 8001, la cepa de hongo micorrizógeno vesículo-arbuscular *Glomus fasciculatum* y su combinación, sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de la soya, cultivar INCA Soy-1. Los resultados obtenidos mostraron efecto positivo de los tratamientos sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas de soya, con los mejores resultados cuando las semillas fueron inoculadas con la cepa de *B. japonicum* y de MVA *G. fasciculatum* con o sin quitina, el rendimiento aumento entre 9 y 18% en comparación con los fertilizantes minerales, aunque la adición de quitina aumentó el rendimiento en un 9 % pero no significativamente. Señalan que la inoculación de ambos microorganismos produjo fácilmente rendimientos comparables a los obtenidos con una dosis de nitrógeno de 90 kg. ha-1.

En el municipio Puerto Padre, Las Tunas, Cuba, presentados por [28], con el objetivo de evaluar la efectividad de tres cepas de *Bradyrhizobium* en el desarrollo morfoagronómico de *Glicine max* L. Se empleó un diseño en bloques al azar (DBCA), con cinco tratamientos (control absoluto, fertilización con NPK y las cepas de *Bradyrhizobium*, ICA 8001, USDA 110 y GIE 109) en cuadros bloques. Las variables

que fueron evaluadas con durante todo el ciclo fenológico del cultivo fueron: número de vainas por planta, el número de granos por vaina, el peso de 100 granos, el rendimiento en t ha⁻¹ y se realizó una valoración económica. Los resultados demostraron que los tratamientos inoculados con *Bradyrhizobium sp.* obtuvieron los mayores valores para las variables como: número de granos por vaina, rendimiento de grano con valores entre 1.06 y 1.23 Tn/ha. Mientras, que los testigos con NPK+ y sin NPK- obtuvieron menor número de vainas A su vez, ambos difirieron estadísticamente ($p > 0,05$) de los tratamientos inoculados.

El presente trabajo realizado por [29], en Managua, en los suelos de Sabana Grande, en época de postrera, con el objetivo de determinar la respuesta del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de campo a la inoculación con rizobios y micorriza sobre el rendimiento de grano y la rentabilidad económica del cultivo

. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados arrojaron baja evidencia de nodulación, por el contrario, hubo un efecto positivo en las variables producción de biomasa, vainas por planta, rendimiento de grano y nitrógeno total acumulado, aventajando con los promedios más altos los tratamientos donde se empleó Urea 46% N₂, ya sea de forma independiente o combinada con cualquiera de los dos inóculos. El análisis económico reveló que el tratamiento más rentable fue la fertilización con Urea 46% N₂, seguido de la aplicación de micorriza a la siembra con una tasa de retorno de US\$ 1.14 y US\$ 0.88 respectivamente.

El estudio realizado por [30], tuvo la finalidad de conocer las especies de MA que comúnmente se asocian con las raíces del frijol y determinar si estas MA confieren resistencia a estas plantas frente al estrés hídrico y por los metales pesados plomo y arsénico. Se muestrearon un total de cinco parcelas donde se identificaron un total de cuatro especies de MA. Se determinó mediante un diseño al azar y posterior ANOVA y comparación de Tukey en cámaras de crecimiento e invernadero que la mejor MA era M4_RI (*Rhizophagus intraradices*). Después, se evaluó por separado la eficiencia de la micorrización M4_RI - Frijol en condiciones de estrés hídrico y por los metales pesados plomo y arsénico; donde se midieron las variables de peso seco de planta y raíz, así como, el porcentaje e intensidad de la micorrización y abundancia de arbuscúlos. Los resultados mostraron que las plantas micorrizadas producen una mayor biomasa que sus contrapartes no micorrizadas independientemente del volumen de riego o de las concentraciones de metales pesados; así mismo, hacen mencionan que la abundancia de arbuscúlos tiene efectos positivos en el establecimiento de plantas de frijol en las condiciones de estrés abiótico.

1.1.3.2 Antecedentes a nivel nacional

En la Universidad Nacional Agraria La Molina, a nivel de invernadero, [31], realizo un estudio con el objetivo de evaluar los efectos de la coinoculación de *Bradyrhizobium sp* con tres especies de Micorriza Vesículo Arbuscular (*Acaulospora laevis*, *Acaulospora morrowiae* y *Glomus occultum*) sobre parámetros como: altura de planta, peso seco del follaje, peso seco total, rendimiento y composición. Rendimiento: número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de 100 granos. Señala que empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2S x 7F (2 tipos de suelo y 7 tipos de fertilizante), teniendo en total 14 tratamientos cada uno con 5 repeticiones. Señala que encontró diferencia significativa entre los tipos de suelo. Los resultados obtenidos en el suelo no estéril fueron mejores estadísticamente significativos respecto al suelo estéril. El biofertilizante fue significativamente mejor que el fertilizante sintético y control absoluto en los tres parámetros evaluados.

En el invernadero de la Universidad Nacional Agraria La Molina, [32], realizó una investigación para evaluar los efectos de biofertilizantes de tres especies de Micorriza Vesículo Arbuscular y *Bradyrhizobium sp.* en el cultivo del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en dos tipos de suelo: Uno no estéril y el otro estéril. Señala que las inoculaciones se realizaron al momento de la siembra junto con los fertilizantes químicos (N y N-P) más un testigo absoluto, en un Diseño Completamente al Azar (DCA) como un diseño estadístico en el que se aplicaron siete tratamientos de forma independiente a cada tipo de suelo. Los resultados obtenidos no mostraron nodulación en ninguno de los tratamientos inoculados con *Bradyrhizobium sp.* tanto en suelo estéril como en el no estéril. Refiere que en condiciones de suelo no estéril: El peso seco de la parte aérea de los tratamientos fertilizados fueron superados por los tratamientos inoculados y dentro de estos sólo *Bradyrhizobium sp.* + *Acaulospora morrowiae* y *Bradyrhizobium sp.* + *Glomus occultum* lograron superar al testigo.

Resultados similares fueron encontrados para el contenido de nitrógeno en hoja y tallo en el tratamiento inoculado y sólo *Bradyrhizobium sp.* + *Glomus occultum* superaron al testigo y a los tratamientos fertilizados; en el contenido de fósforo el tratamiento *Bradyrhizobium sp.* + *Glomus occultum* superó a la mayoría de tratamientos excepto a el tratamiento *Bradyrhizobium sp.* + *Acaulospora morrowiae*; mientras las tres especies de micorrizas no presentaron diferencias en la infección micorrítica en las raíces [32].

En el distrito de Lircay, Huancavelica, se ejecuto es la investigación, con la finalidad de evaluar el Efecto de *Bradyrhizobium*, en Rendimiento y Capacidad Simbiótica, en Dos Variedades de Tarwi (*Lupinus mutabilis*), [33], con un diseño en Bloques

Completamente randomizado con arreglo factorial, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados que obtuvieron demostraron que variedad Altagracia inoculada, obtuvo el mayor rendimiento con 2400 Kg/ha, en cambio, los testigos tuvieron 1720 kg/ha. Por otra parte, las variables de capacidad simbiótica, peso fresco del follaje, peso fresco de la raíz con nódulos, mostraron diferencia estadística de alta significancia, por último, indican que *Bradyrhizobium* tiene efecto en la producción.

1.1.3.3 Antecedentes a nivel local

En una investigación realizada por [34], se evaluó el efecto de la inoculación con rizobacterias en el rendimiento y calidad del grano en dos líneas promisoras de pallar PPD 162-1-2013 y PPD 118 – 2013, precoz en Subtanjalla – Ica, en temporada de primavera – verano, el diseño fue en bloques completamente al azar. Las cepas inoculadas con rizobacterias fueron (T1: *Bacillus* + *Bradyrhizobium*, T2: *Bacillus* + *Rhizobium*, T3: Testigo absoluto NP- sin inocular y sin fertilizar. Los resultados obtenidos indican que los tratamientos (T1 y T2) inoculados con rizobacterias tuvieron la mejor respuesta en el porcentaje de emergencia, porcentaje de grano sano, en rendimiento unitario de grano. Concluye que, las combinaciones de rizobacterias en ambas líneas de pallar siempre superaron al testigo absoluto NP-.

Con el objetivo de comprobar la efectividad de cepas promisoras de *Bradyrhizobium sp* en dos cultivares de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) [35], realizaron un estudio en la zona media del valle de Ica, en un diseño en bloques completamente al azar con diez tratamientos y cuatro repeticiones. Las cepas que se utilizaron para la inoculación fueron: LMTR 56030 y LMTR 28, ambas del género *Bradyrhizobium*, para comparar su efectividad, además de los testigos N+ y N-. Como resultado, [35], reportan que se comprobó que ambas cepas fueron 100% infectivas, mientras que los testigos sin inoculación también estuvieron 100% infectivas con cepas nativas. Ambas cepas han sido muy efectivas, igualando al tratamiento con fertilizante nitrogenado e incluso sobrepasando los promedios con respecto a las variables de importancia agrícola como el número de vainas por planta y el peso de la semilla siendo componente primario del rendimiento.

Con el propósito de evaluar el efecto de la reinoculación con cepas seleccionadas de *Bacillus sp.* y *Bradyrhizobium sp.* en pallar (*Phaseolus lunatus* L.) Precoz en el distrito de Subtanjalla, Zona Media del Valle de Ica, cuya siembra fue realizada en agosto [36] evaluó la infectividad y efectividad de cepas seleccionadas de *Bradyrhizobium yuanmingense* y *Bacillus sp.*, que inoculo a la semilla y reinoculó a las plantas solas y combinadas en el cultivo de pallar, variedad precoz de Ocucaje, con sus respectivos

Testigos con NP+ y sin NP- en un diseño en bloques completamente al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que las cepas seleccionadas de *Bradyrhizobium yuanmingense*, fueron 100% infectivas; ya que todas las plantas evaluadas que fueron inoculadas presentaron nódulos simbióticos. Además, mostró efectividad con respecto a la variable rendimiento y sus principales componentes como: número de vainas, peso de 100 granos superando al testigo absoluto NP- que no se fertilizó ni se inoculó. De manera similar, las cepas de *Bacillus sp.* o *Bradyrhizobium sp.*, solas o combinadas, posterior a la inoculación de las semillas.

Con objetivo de evaluar la efectividad de la aplicación de cepas seleccionadas de Rizobacterias en respuesta del rendimiento del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) variedad Precoz de Ocucaje, en el Sector Guadalupe, Zona Media del Valle de Ica, [37] evaluó cepas seleccionadas de Rizobacterias: *Bacillus sp.*, *B. yuanmingense*, *Bradyrhizobium sp.*, *Pantoea sp.*, *Rhizobium sp.*, que se inocularon a la semilla del cultivo de pallar en estudio, con sus Testigo fertilizado (NP+) Y absoluto (NP-), en un diseño de bloques completamente al azar con siete tratamientos y cinco repeticiones. Los resultados señalaron que las cepas de Rizobacterias obtuvieron mayor efectividad con la cepa de *Bradyrhizobium sp.* Al alcanzar el mayor rendimiento con 2,783.82 Kg/ha y el mayor porcentaje de Nitrógeno en el grano con 4.043%. Por otra parte, la cepa de *Bacillus sp.* También demostró su efectividad al alcanzar un buen rendimiento con 2,138.15 Kg/ha, a su vez, obtuvo el menor valor en porcentaje de Nitrógeno en el grano.

Foronda [38], señala que evaluó el efecto de la aplicación de productos biotecnológicos con cepas seleccionadas de rizobacterias y un bioestimulante en el rendimiento y calidad de grano del pallar precoz, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica - Subtanjalla, en siembra de mayo. Refiere que evaluó siete tratamientos con el Diseño en Bloques Completamente al Azar con cuatro repeticiones: 1(*Bacillus sp.* + *Rhizobium sp.*), 2(*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.*), 3(*Bacillus sp.* + *Rhizobium sp.* + Alga Max Super), 4(*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + Alga Max Super), 5(Alga max Super), 6(Testigo NP), 7(Testigo absoluto). Los resultados obtenidos indican que los tratamientos con los productos biotecnológicos, obtuvieron similar rendimiento de grano que el testigo fertilizado (NP), superando al testigo absoluto, en la mayoría de variables evaluadas, destacando el peso seco de follaje y de la raíz, el número de nódulos por planta, número de vainas por planta y peso de 100 granos. El contenido de Nitrógeno en el grano fue similar en todos los tratamientos. Concluye que fue positivo el efecto de los productos biotecnológico en el cultivo de pallar y que se debe fomentar la biofertilización por ser ambientalmente amigable.

Huaribay [39], informa que realizó una investigación para determinar el efecto de la inoculación con rizobacterias y un bioestimulante en el rendimiento y calidad del grano de pallar, cultivar PPD 162-1-2013, en Subtanjalla, región Ica, en el diseño experimental en Bloques Completamente al Azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones, en siembra del mes de mayo. Los tratamientos fueron: *Bacillus sp.* + *Rhizobium sp.*, *Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium LMTR 28*, (*Bacillus sp.* + *Rhizobium sp.*) + Bioestimulante, (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium LMTR 28*) + Bioestimulante, Bioestimulante (Aminoterra), Testigo NP+ y Testigo NP-. Los resultados obtenidos indican que el efecto de la coinoculación con *Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium LMTR28*, fue mayor en las principales variables morfoagronómicas evaluadas como longitud de follaje, longitud de raíz, peso seco de la biomasa aérea, peso seco de la biomasa radicular y número de nódulos por planta, superando al testigo absoluto. El efecto de la coinoculación con *Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium LMTR28*, con o sin el bioestimulante, fue mayor en las principales variables cuantitativas como número de vainas por planta y peso de 100 granos, superando a ambos testigos. La cepa de *Bradyrhizobium LMTR 28*, resultó ser la más infectiva y efectiva, con un rendimiento de 3,040.52 kg. ha⁻¹. El contenido de Nitrógeno en el grano fue similar en todos los tratamientos evaluados.

1.1.4 Formulación del problema

Respecto al uso de microorganismos benéficos en la agricultura [40], señalan que las combinaciones de hongos y bacterias en diferentes plantas tienen efecto sinérgico en la nutrición de la planta huésped y su beneficio adicional en el desarrollo vegetativo y reproductivo, mencionando el caso de la simbiosis doble en diversos cultivos como en *Leucaena leucocephala*, o como *Azospirillum-Glomus* en cacao, *Azospirillum-Glomus*, *Rhizobium-Glomus* en diversos cultivos anuales. O como lo señala [41], el caso de la simbiosis triple, *Rhizobium-Glomus-Azospirillum* en frijol.

Al parecer, la interdependencia existente entre la nodulación y la micorrización de leguminosas, contribuye a alcanzar alto grado de micotrofismo de ese grupo de plantas, especialmente en los trópicos. El uso de la nueva tecnología ha permitido reducir los costos de producción, por disminución del uso de fertilizantes químicos, sin los efectos negativos que se produce en el ambiente (suelo y agua) y, en muchos casos, con incrementos en la producción bajo condiciones similares de fertilización química [42].

Los resultados de la investigación y los encontrados en las parcelas de productores sugieren que la simbiosis planta-micorriza favorece la nutrición de los cultivos. En combinación con dosis bajas de fertilización se induce mayor rendimiento en cultivos anuales, mientras que en perennes se induce una respuesta diferencial en el desarrollo y

asignación de materia seca de los componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento [42].

Existen grandes avances en el uso de la biotecnología al servicio de la agricultura con muchas experiencias exitosas utilizando microorganismos benéficos para diversos usos, ya sea en la fijación biológica del Nitrógeno atmosférico, la promoción del crecimiento, la disponibilidad del Fósforo, el control biológico, la protección vegetal en general; sin embargo, estos beneficios aún no se utilizan de manera sostenible en el cultivo de pallar, ya que aún se encuentra en la etapa de investigación; siendo muy necesaria la investigación participativa en campo de agricultores, a fin de que las evidencias experimentadas, motiven y aceleren la adopción de las innovaciones biotecnológicas por parte de los agricultores.

Se considera, por tanto, que es un problema el escaso conocimiento de las experiencias exitosas que se vienen obteniendo en diversos cultivos y que aún no se aprovechan en el cultivo de pallar; por lo que, en el presente estudio, la problemática se plantea de la siguiente manera:

Problema general

¿Cuál será la respuesta en el rendimiento y calidad de grano de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) cultivar Precoz, a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en Subtanjalla - Ica?

Problemas específicos

¿La inoculación con rizobacterias y micorrizas, tendrá efecto en el rendimiento del pallar Precoz, en Subtanjalla - Ica?

¿Cuál será la influencia de la inoculación con rizobacterias y micorrizas sobre la calidad del grano o defecto del pallar Precoz, en Subtanjalla - Ica?

1.1.5 Delimitación del problema

- Delimitación espacial o geográfica

El presente trabajo se realizó en “vivero”, ubicado en el fundo Arrabales, propiedad de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, localizado en el distrito de Subtanjalla, provincia y departamento de Ica.

- Delimitación temporal

La investigación se llevó a cabo en su fase de campo, entre los meses de setiembre del 2023 a mayo del 2024, comenzando con preparación del material experimental, conducción del cultivo, aplicación de tratamientos, evaluaciones hasta la elaboración del informe final.

- **Delimitación social**

La presente investigación se centra en los productores de pallar, este grupo social está poco capacitado o tiene nula información sobre uso de biofertilizantes por ello presentan problemas tales como: el uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos, un mal manejo en el control de plagas y enfermedades, baja productividad, etc.

- **Delimitación conceptual**

El uso constante de fertilizantes sintéticos, dado su mal uso por parte de productores de pallar; tiene un impacto negativo en el medio ambiente (agua, suelo). Hoy en día el objetivo es revertir esta situación, con prácticas agroecológicas que no contaminen el medio ambiente como el uso de biofertilizantes y bioestimulantes en la agricultura moderna.

1.2 Justificación e importancia de la investigación

1.2.1 Justificación

La investigación planteada en el cultivo de pallar, se justifica plenamente porque se está tratando de aplicar productos biotecnológicos que permitirán mejorar el nivel de conocimiento de los agricultores productores de pallar; que a la fecha no consideran necesario usar estos productos por la desconfianza que genera al no haber visto de cerca los resultados comparados con los tratamientos fertilizados.

Realizar investigaciones en pallar, nuestra menestra bandera, justifica el esfuerzo en diversos sentidos: humano, económico, social porque se busca beneficiar el rendimiento y la rentabilidad del cultivo emblemático de la región y el país; con ello, beneficiar al agricultor productor de esta menestra en los diversos valles de las zonas productoras de la región Ica.

Las investigaciones realizadas inoculando micorrizas y rizobacterias que están relacionadas directamente con la mayor disponibilidad y absorción de agua y nutrientes del suelo, en zonas donde se viene alcanzando rendimientos bajos a diferencias de muchos años atrás.

Diversas experiencias que vienen utilizando esta tecnología ha permitido reducir los costos de producción, al disminuir el uso de fertilizantes químicos, sin los efectos negativos en el ambiente (suelo y agua) y, en muchos casos, con incrementos en la producción bajo condiciones similares de fertilización química.

Por esta razón se justifica plenamente realizar el presente estudio para determinar la respuesta del rendimiento y la calidad del grano del pallar precoz, a las aplicaciones de rizobacterias y micorrizas.

1.2.2 Importancia

Referirse a la importancia del pallar, es referirse a que se trata de un cultivo de gran importancia alimenticia para la población por su aporte de proteínas que supera el 20%, con lo cual, es posible contribuir de manera directa con la disminución de la desnutrición en todos sus niveles etarios; con énfasis en la población vulnerable de la zona urbana y rural donde de manera peligrosa se está incrementando la desnutrición.

Se trata de un cultivo que puede encajar perfectamente como rotación con cultivos de mayor intensidad agrícola; por su ciclo corto y sus condiciones de ser mejorador de los suelos por el aporte de materia orgánica, consecuente de la fijación biológica del Nitrógeno, que realiza por su capacidad simbiótica con los rizobios de su entorno.

Entonces, también es importante plantear que el cultivo de pallar puede responder positivamente a la inoculación con productos biotecnológicos de similar manera que otros cultivos lo han hecho de manera exitosa; ya que es importante conocer que la fertilización biológica promovida por la doble asociación simbiótica *Rhizobium* – leguminosa – hongo micorrícico, por medio de esta simbiosis es posible que la planta obtenga un buen suministro de nitrógeno, una buena absorción del fósforo en suelos pobres utilizados para cultivos de leguminosas y para mejora el uso del suelo.

La importancia de este trabajo de investigación radica en utilizar información actualizada para determinar la respuesta a la aplicación de estas micorrizas y rizobacterias con miras a obtener buenos rendimientos y una buena calidad del grano del pallar precoz, lo que debe ser compartido con los agricultores para que puedan lograr obtener buenos rendimientos y una mayor rentabilidad en temporadas de siembra con temperaturas más cálidas; ya que las variedades y cultivares tradicionales no se siembran en dicha temporada.

1.3 Hipótesis de la investigación

1.3.1 Hipótesis General

- La inoculación con rizobacterias y micorrizas tiene buen efecto en el rendimiento y calidad de grano del pallar Precoz, en Subtanjalla - Ica

1.3.2 Hipótesis Específicas

- La inoculación con rizobacterias y micorrizas produce resultados favorables en el rendimiento y sus principales componentes del pallar Precoz, en Subtanjalla - Ica.
- La inoculación de rizobacterias y micorrizas produce resultados favorables en la calidad del grano del pallar Precoz, en Subtanjalla – Ica.

1.4 Variables de la investigación

Variables independientes (X)

X1 = Rizobacterias (*Bacillus sp.* y *Bradyrhizobium sp.*)

X2 = Micorrizas

X3 = Variedad Precoz de pallar

Variables dependientes (Y)

Y1 = Rendimiento de grano

Y2 = Contenido de Nitrógeno en el grano

Variables intervinientes (Z)

Z1 = condiciones climáticas

Z2 = condiciones fitosanitarias

1.5 Objetivos de investigación

1.5.1 Objetivo general:

Determinar la respuesta del rendimiento y calidad de grano a la inoculación con rizobacterias y micorrizas en pallar Precoz, en Subtanjalla – Ica.

1.5.2 Objetivos específicos:

- Determinar la respuesta del rendimiento a la inoculación con rizobacterias y micorrizas del pallar Precoz, en Subtanjalla – Ica.
- Determinar la respuesta en la calidad del grano a la inoculación con rizobacteria y micorrizas del pallar Precoz, en Subtanjalla – Ica.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1 Tipo y nivel de la investigación

La investigación desarrollada es de tipo aplicada, cuyo propósito es solucionar problemas determinados.

El nivel es explicativo, ya que está enfocado en estudiar el problema a mayor profundidad.

2.2 Población y muestras del estudio

La población estuvo representada por 366 plantas de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) precoz de habito de crecimiento determinado, repartidas en 24 unidades experimentales con 14 plantas en cada unidad experimental.

La muestra se dio de manera subjetiva y estando constituida por 8 plantas de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en la unidad experimental. A su vez, haciendo un total 192 plantas a evaluar en todo el experimento.

2.3 Materiales

2.1.1 Ubicación del campo experimental

La presente investigación se llevó a cabo en el vivero experimentales del fundo “arrabales”, distrito de Subtanjalla, Provincia y Departamento de Ica de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”- Facultad de Agronomía, ubicado en la zona media del valle de Ica.

Cuyas coordenadas geográficas son:

Latitud Sur: 14° 01' 48.6”

Longitud Oeste: 75° 44' 47.7”

Las coordenadas UTM son:

Coordenadas UTM Este: 419396.40

Coordenadas UTM Norte: 8448804.00

2.1.2 Materiales y equipos

Se utilizó los siguientes materiales:

- Materiales de escritorio
- Materiales de campo

2.1.3 Características del terreno experimental

Con la finalidad de determinar las características físicas - mecánico y químicas del suelo del campo experimental, se procedió a la extracción de las muestras para ser analizada, el método que se utilizó fue el zigzag abarcando toda el área del

experimento y a profundidad de aprox. 30 cm, para luego poder homogenizarlas y obtener un 1kg de muestra representativa, para luego enviarlas al laboratorio para su análisis físico-mecánico y químico (Tabla 1) y (Tabla 2).

TABLA 1
ANÁLISIS DE SUELO

Determinaciones	Suelo 0.0-0.3 m	Métodos	Técnica
Arena (%)	74.91	MES- 001	Bouyoucos
Limo (%)	13.96		Bouyoucos
Arcilla (%)	11.13		Bouyoucos
Textura	Franco-Arenoso	Propio del Laboratorio	

***MES y MEA: Método Propio del Laboratorio**

Fuente: Laboratorio de Química Agrícola - Valle grande.

TABLA 2
ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

Determinación	Resultado	Método empleado	Interpretación
pH	8.69	Electrométrico	Alcalino
C.E (dS/m)	0.92	Electrométrico	Suelo libre de sales
Carbonato de calcio total (%)	1.95	Gravimétrico	Muy bajo
Materia orgánica (%)	0.48	Walkley y black	Muy bajo
Fósforo Disponible (ppm)	18.66	Olsen	Medio
Potasio Disponible (ppm)	156.80	Acetato de Amonio	Medio
Cationes Cambiables		Extractante: Ac. Amonio	
Ca ⁺⁺ (meq/100 g)	5.15	FAAS	Medio
Mg ⁺⁺ (meq/100 g)	0.96	FAAS	Medio
Na ⁺ (meq/100 g)	0.28	FAAS	Medio
K ⁺ (meq/100 g)	0.39	FAAS	Medio
P.S.I (%)	4.08	---	No sódico
C.I.C.E (meq/100 g)	6.77	---	Bajo
Micronutrientes Disponibles		Extractante: DTPA	
Cobre (ppm)	0.73	FAAS	Alto
Zinc (ppm)	1.08	FAAS	Medio
Manganeso (ppm)	6.01	FAAS	Medio
Hierro (ppm)	4.77	FAAS	Medio
Extractante: CaCl ₂ .2H ₂ O			
Boro (ppm)	2.16	Colorimétrico	Alto

Fuente: Laboratorio de Química Agrícola - Valle grande.

2.1.4 Observaciones meteorológicas

La siguiente información se obtuvo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Ica (SENAMHI – Ica), Estación CO Tacama, durante el tiempo que duro todo el ciclo del cultivo (Tabla 3).

TABLA 3
OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS DE SETIEMBRE 2023 A ENERO 2024

Meses	Temperatura °C			Horas de sol mensual	Humedad relativa %
	Máxima $\bar{x}$	Media $\bar{x}$	Mínima $\bar{x}$		
Setiembre	28.4	20.4	13.1	170.7	78.2
Octubre	30.6	22.6	15.4	237.7	74.8
Noviembre	30.0	22.4	14.8	249.7	75.2
Diciembre	30.8	24.0	16.8	254.7	74.2
Enero	32.4	25.7	19.0	224.8	72.8

Fuente: Estación Meteorológica CO - TACAMA – SENAMHI - ICA

Distrito: La Tinguiña.

Latitud Sur: 75° 43' 13.88" S

Longitud Oeste: 13° 59' 55.22" W

Altitud: 429 msnm

2.1.5 Tratamientos

Material biológico

La semilla que se utilizó fue de pallar Precoz, de hábito de crecimiento determinado, de una reciente cosecha y procedente del distrito de Ocucaje. A su vez, seleccionada y contada para la siembra.

Tratamientos en estudio

Los inoculantes a base de cepas seleccionadas de *Bacillus sp.* y *Bradyrhizobium sp.* se obtuvieron del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología de la Universidad Nacional Agraria, La Molina.

Las micorrizas a base de Endomycorrhiza (VAM- Vesicular arbuscular mycorrhiza) de las especies *Glomus intraradices* (CBCC AM 3362) y *Glomus mosseae* (CBCC AM 3409).

Se incluyen dos testigos: fertilizado y absoluto; con lo cual se conformaron seis tratamientos (Tabla 4).

TABLA 4
TRATAMIENTO DE ESTUDIO

Clave	Tratamientos	Detalle
1	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i>	0.5 ml + 0.5 ml
2	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorrizas	0.5 ml + 0.5 ml + 10 g
3	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorriza + Micorriza	0.5 ml + 0.5 ml + 10 g + 10 g
4	Micorrizas + Micorrizas	10 g + 10 g
5	Testigo NPK+	40 – 60 – 40 NPK
6	Testigo NPK- (absoluto)	Sin ninguna aplicación

2.2 Métodos

2.2.1 Diseño experimental

En el presente estudio, se utilizó el Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones, conformando 24 unidades experimentales.

El modelo aditivo lineal del diseño experimental utilizado es:

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

Donde:

Y_{ij} = Es la observación en la unidad experimental

μ = Parámetro, efecto medio

T_i = Parámetro, efecto del tratamiento i

β_j = Parámetro, efecto del bloque j

ϵ_{ij} = valor aleatorio, error experimental de la unidad experimental i j

2.2.2 Características del campo experimental

Dimensiones del terreno

Largo	15.20 m
Ancho	4.8 m
Área total	72.96 m ²
Área de calles	19.2 m ²
Área neta	53.76 m ²

Parcelas:

Largo de parcela	2.8 m
Ancho de parcela	0.8 m
Área de una parcela	2.24 m ²
Número de surcos por parcela	1
Distancia entre surcos	0.80 m
Distancia entre golpes	0.40 m
Número de plantas por golpe	2

Bloques:

Largo del bloque	4.8 m
Ancho del bloque	2.8 m
Área de un bloque	13.44 m ²
Número de bloques	4

Croquis experimental

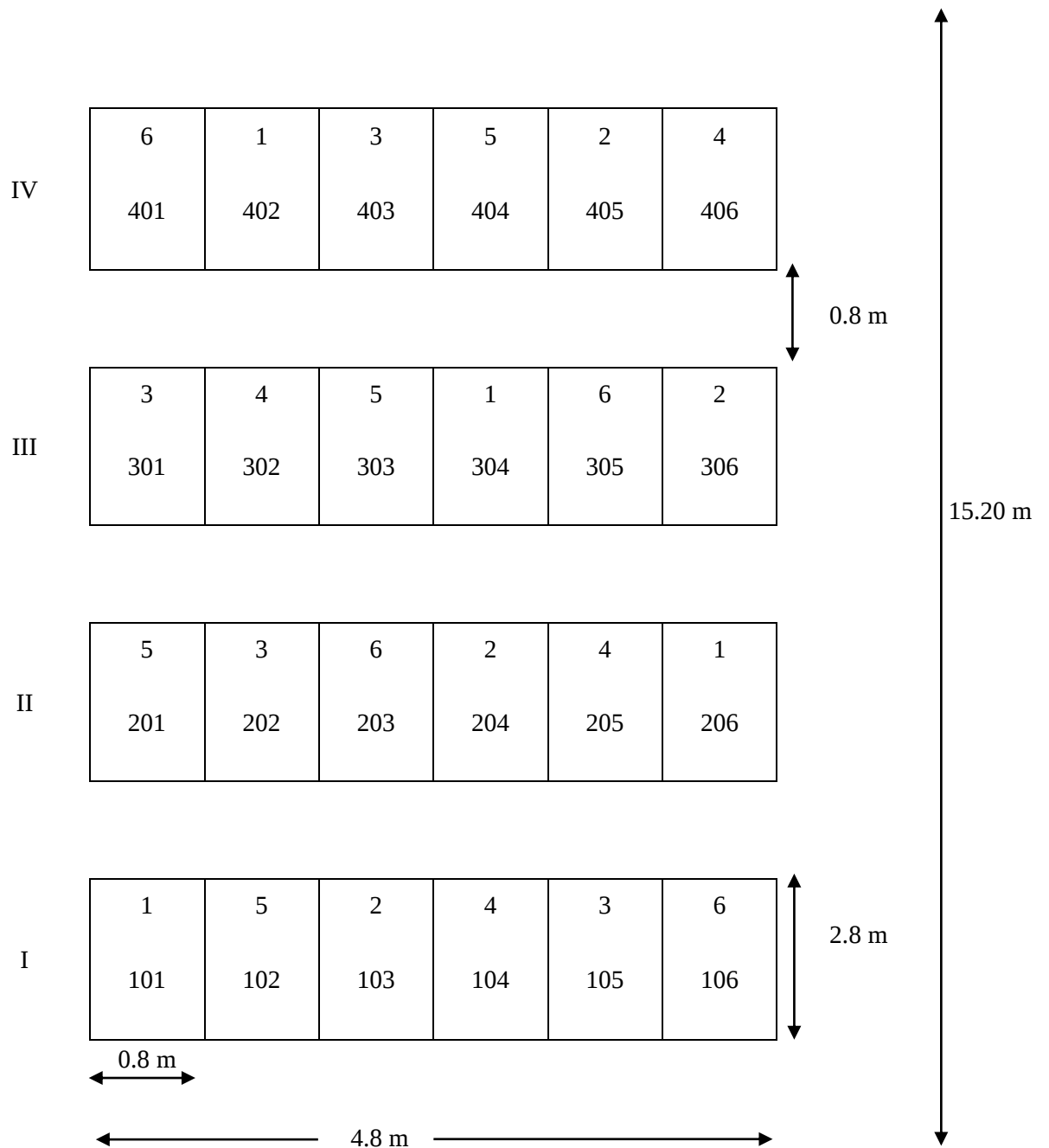


Figura 1: Disposición de los tratamientos en el croquis experimental

2.2.3 Metodología de aplicación de los tratamientos

La metodología de aplicación de los tratamientos, se refiere a la aplicación de las rizobacterias y micorrizas, en el momento oportuno, así como los fertilizantes NPK, considerados en el presente estudio.

1. Momentos antes de la siembra se procedió a la co inoculación de la semilla de pallar, con las cepas de *Bacillus sp.*, y *Bradyrhizobium* LMTR 28, según disposición de los tratamientos en el croquis experimental, agregando agua mineral y suelo fino en cantidad suficiente para formar una masa pastosa entre las semillas y los inoculantes, facilitando la impregnación de las cepas de rizobacterias utilizadas. Se dejó en reposo por breve tiempo antes de proceder a la siembra.
2. A los 10 dds, se aplicó la micorriza en drench, al cuello de planta, dirigiendo específicamente a la raíz de la plántula, en las parcelas de clave 2, 3 y 4.
3. A los 15 dds, se realizó la aplicación de NPK al suelo utilizando los fertilizantes indicados, en las parcelas identificadas para el testigo fertilizado con NPK, con la clave 5.
4. A los 15 dds, también se reinoculó con las cepas de rizobacterias, en drench al cuello de la planta dirigido a la raíz.
5. A los 30 dds, se repitió la inoculación en drench de las micorrizas a los tratamientos de clave 3 y 4.
6. Previamente a cada aplicación foliar, se hizo la calibración del gasto de agua, según el tamaño de las plantas y cobertura de su follaje.

2.2.4 Conducción del experimento

- **Preparación del Terreno**

Las labores de limpieza y preparación del terreno comenzaron el 04 de setiembre de 2023. En primer lugar, se comenzó con la limpieza del terreno con ayuda de un rastrillo y lampa; retirando del campo los restos del cultivo anterior, materiales extraños, entre otros.

- **Volteo y nivelación**

El 07 de septiembre de 2023, se procedió con la labor de volteo a una profundidad de 30 cm y nivelación del suelo; con el objetivo de uniformizar las partículas y airear el suelo; así mismo, esta labor nos garantiza un buen desarrollo radicular por parte de cultivo.

- **Surcado y demarcación**

El 08 de septiembre de 2023, La labor de surcado se realizó con ayuda de un vertedero manual de formas que los surcos queden bien rectos. Así mismo, luego del surcado se procedió la labor de demarcación del terreno con ayuda de herramientas tales como: estacas, hilos, lápices, etc. Con la finalidad de tener las medidas exactas de cada bloque y tratamientos.

- **Riego de machaco**

El 11 de septiembre de 2023, procedió a darle un riego de machaco con la finalidad de que el día de la siembra el suelo este a capacidad de campo para una óptima germinación con un tiempo de 3 horas y media.

- **Selección, Desinfección e Inoculación**

Se inició con la selección de las semillas de buen estado previo a la siembra, se descartaron las de tamaño reducido, enfermas, dañadas, etc. Las semillas que fueron seleccionadas para los tratamientos T1, T2 y T3 fueron tratados con los co-inoculantes *Bacillus sp.* y *Bradyrhizobium sp.* a su vez mezcladas con un poco de suelo para observar y garantizar que hayan sido impregnadas en su totalidad.

- **Siembra**

El 13 de septiembre del 2023, se realizó la siembra a tempranas horas de la mañana, con ayuda de una lampa se procedió sembrar; las semillas que fueron inoculadas con las rizobacterias destinados para los tratamientos T1, T2 y T3. Sin embargo, los destinados a los tratamientos T5 y T6 fueron tratados con el fungicida Vitavax.

Luego con ayuda de una lampa se procedió a la siembra incorporando a cada golpe tres semillas; cada golpe estuvo distanciado 40 cm y hubo un total de 7 golpes por tratamiento.

- **Primera aplicación de micorrizas**

El 27 de septiembre del 2023 completado los 14 días después de la emergencia, por causas de fuerza mayor que impidieron realizarlo a los 10 días; se procedió a preparar la solución madre 1 ml de micorrizas más 4 litro de agua para aplicar a los 3 tratamiento de clave 2, 3, 4, se aplicó en una zona intermedia de cada plántula con el objetivo de que esté más cerca a la raíz y más húmeda.

- **Resiembra**

La resiembra se realizó 15 días después de la siembra; ya que se tuvo problemas en algunos tratamientos tales como: T1, T5, T3 y T6, que las plántulas fueron dañadas por roedores; se efectuó para poder compensar la falta de plántulas.

- **Desahije**

Pasado los 15 desde la siembra, se procedió a desahijar cada golpe dejando 2 plántulas por golpe; en el desahije se retiró plantas pequeñas, enfermas, muy pegadas unas de otra, para evitar competencia entre ellas.

- **Segunda aplicación de *Bacillus sp.* más *Bradyrhizobium sp.* en drench**

El día 28 de septiembre del 2023, completado los 16 días después de la siembra se realizó la aplicación de *Bacillus sp.* más *Bradyrhizobium sp.* con una solución de 200 ml de los microorganismos más 400 ml de agua neutra. Se le aplicó en drench dirigidas al cuello de planta, mojando bien para que llegue a la raíz.

- **Segunda aplicación de micorrizas en drench**

El 12 de octubre del 2023, completado los 30 dds se procedió a la aplicación de micorrizas; los tratamientos que fueron inoculados fueron T3 Y T4 cuyas dosis fueron: 2.67 L de agua, 0.67 ml de micorrizas todo en una misma solución. A la vez, se aplicó 46.4 ml de la solución por cada golpe, dirigidos a una zona con humedad y lo más cercano a las raíces.

- **Incorporación de mulch**

El día 12 de octubre de 2023, pasado los 30 dds, se procedió a incorporar mulch al suelo, con el objetivo de mantener la humedad del suelo y evitar la evaporación; cubriendo toda el área del surco con viruta a semejando a un acolchado.

- **Cultivos y deshierbos**

Se realizaron dos cultivos durante todo el ciclo del cultivo de forma manual y un deshierbo con lampa; con el objetivo de poder oxigenar el suelo y las raíces.

Los deshierbos siguieron el mismo procedimiento con el retiro de malezas evitando así competencia por agua, luz, espacio y nutrientes, además, cabe mencionar que las malezas son fuentes de hospederos de plagas (Tabla 5).

TABLA 5
CULTIVOS Y DESHIERBOS

Labor	Fecha de aplicación	Edad del cultivo
Cultivo N° 1	25 – 09 – 2023	12

Las malezas que se encontraron con mayor frecuencia en el campo experimental, se presentan a continuación (Tabla 6)

TABLA 6
MALEZAS MÁS FRECUENTES

Nombre común	Nombre científico
Yuyo hembra	<i>Amaranthus viridis</i>
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>
Gramma dulce	<i>Cynodon dactylon</i>
Cadillo	<i>Cenchrus echinatus</i>

- **Fertilización del suelo**

Se le dio una fertilización mineral solo al testigo con NPK, con la fórmula de 40-60-40, utilizando Urea (1 g) como fuente de nitrógeno, fosfato di amónico (4 g) como fuente de fósforo y sulfato de potasio (2 g) como fuente de potasio. Asimismo, fueron aplicados en un área con un marco de plantación de 0.80 m entre surcos y 0.40 m entre golpes y con un total de 7 golpes por parcela.

Además, se le incorporó al suelo a unos 10 cm del pie de planta a una profundidad de 10 cm con ayuda de una lampa, tomando la dirección del agua para que se disuelva mejor y arrastre los nutrientes.

- **Nutrición foliar**

Las aplicaciones foliares se realizaron en etapas vegetativas importantes tales como: para su crecimiento y desarrollo óptimo fue el uso de biol, en la etapa reproductiva (floración) fue el uso de Calcio – Boro y finalmente para fomentar la cuaja y llenado de vainas fue el uso de Oligomix- Co (Tabla 7).

Todas las aplicaciones foliares se aplicaron con una mochila mecánica de 20 LT, fue calibrada, sin restos de productos químicos, a la vez al momento de la aplicación fue necesario cubrir toda el área foliar.

- **Manejo fitosanitario**

Se inició desde la siembra ya que se utilizó fungicida en la semilla para evitar que sean dañados por hongos del suelo; el manejo integrado del cultivo se basó en las evaluaciones frecuentes en las distintas etapas fenológicas del cultivo. Se utilizó el control etológico tales como: uso de cebos tóxicos, trampas cromáticas con Temo-

o- Cid con el objetivo que atrape adultos de lepidópteros, insecto de aparato bucal picador-chupador; también, se colocaron botellas plásticas en los laterales del experimento (fue una mezcla de agua con melaza). Finalmente, se tuvo que recurrir a la aplicación de producto químico (Tabla 8).

TABLA 7
CRONOGRAMA DE APLICACIONES FOLIARES

Fecha	Edad del cultivo (días)	Producto	Dosis/mochila de 20 L
5/10/2023	22	Biol	250 ml
10/10/2023	27	Biol	400 ml
12/10/2023	29	Biol	400 ml
20/10/2023	37	Biol	400 ml
27/10/2023	44	Biol	500 ml
30/10/2023	47	Calcio- Boro	25 ml
3/11/2023	51	Biol	1 L
6/11/2023	54	Calcio- Boro	25 ml
8/11/2023	56	Biol	1 L
13/11/2023	61	Calcio- Boro	25 ml
18/11/2023	66	Biol	1 L
20/11/2023	68	Calcio- Boro	25 ml
24/11/2023	72	Biol	1 L
28/11/2023	76	Biol - Oligomix	1 L – 15 g
30/11/2023	78	Biol	1 L
6/12/2023	84	Oligomix - Biol	15 g – 1 L
12/12/2023	90	Oligomix - Biol	15 g – 1 L
18/12/2023	96	Oligomix	15 g

A continuación, el cronograma del manejo fitosanitario que se llevó a cabo en el cultivo de pallar (Tabla 8).

TABLA 8
CRONOGRAMA DE MANEJO FITOSANITARIO

Fecha	Labor realizada	Producto	Dosis	Plagas a controlar
19/09/2023	Colocación de cebos tóxicos	Afrecho Melaza Lannate 40 sp	10 kg 5 kg 100 g	<i>Agrotis sp</i> , <i>Elasmopalpus lignosellus</i>

26/09/2023	Trampas cromáticas	Pastico Estacas Aceite agrícola	8 uni. 16 uni. 750 ml	<i>Empoasca kraemeri</i> , <i>Prodiplosis longifila</i> , <i>Leptotes sp</i> , <i>Phyllocnistis sp</i> , <i>Thrips tabaci</i>
29/09/2023	Aplicación biocida (ajo)	Biocida Maxi-Wet Agua	125 ml 1 ml 5 lt	<i>Bemisia tabaci</i> , <i>Prodiplosis longifila</i> , <i>Frankliniella occidentalis</i>
29/09/2023	Trampas alimenticias	Botellas descartables Melaza Agua	6 uni. 800 ml 2.4 Lt	<i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Elasmopalpus lignosellus</i> , <i>Epinotia aporema</i> , <i>Heliothis sp.</i>
5/10/2023	Aplicación biocida (rocoto)	Biocida	12.5 ml	<i>Bemisia tabaci</i> , <i>Prodiplosis longifila</i> , <i>Frankliniella occidentalis</i>
10/10/2023	Aplicación biocida (ajo)	Biocida Maxi-Wet Agua	200 ml 1.6 ml 8 lt	<i>Bemisia tabaci</i> , <i>Prodiplosis longifila</i> , <i>Frankliniella occidentalis</i>
20/10/2023	Aplicación biocida (rocoto)	Biocida BB5 Agua	20 ml 15 ml 8 lt	<i>Bemisia tabaci</i> , <i>Prodiplosis longifila</i> , <i>Frankliniella occidentalis</i>
11/10/2023	Aplicación química	Lannate 40 sp (Methomyl)	30.2 ml/mochila	<i>Phyllocnistis sp</i> , <i>Epinotia aporema</i> , <i>Prodiplosis longifila</i> , <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Frankliniella occidentalis</i>
27/10/2023	Aplicación biocida (rocoto)	Biocida BB5 Agua	20 ml 20 ml 10 lt	<i>Bemisia tabaci</i> , <i>Prodiplosis longifila</i> , <i>Frankliniella occidentalis</i>
27/11/2023	Aplicación química	K-ñon (alfa cipermetrina)	15 ml/mochila	<i>Leptotes cassius</i> , <i>Laspeyresia leguminis</i>

- **Riego**

Los riegos fueron por gravedad, con agua proveniente del subsuelo del pozo del fundo Arrabales. Teniendo conocimiento de las características del suelo, época de siembra y la variedad de pallar precoz de crecimiento determinado, se aplicaron un total de catorce riegos muy ligeros pero frecuentes, con la finalidad de mantener turgentes a las plantas, que debido al calor y horas de sol de la época primavera-

verano, incrementaban la necesidad de contar con el recurso hídrico durante todo el ciclo del cultivo (Tabla 9).

TABLA 9
CRONOGRAMA DE RIEGOS

N° de riego	Fecha	Volumen aprox. (m ³)
--	11 – 09 – 2023	1200
1	25 – 09 – 2023	250
2	02 – 10 – 2023	250
3	10 – 10 – 2023	250
4	16 – 10 – 2023	250
5	23 – 10 – 2023	300
6	27 – 10 – 2023	300
7	04 – 11 – 2023	300
8	11 – 11 – 2023	300
9	18 – 11 – 2023	300
10	24 – 11 – 2023	350
11	30 – 11 – 2023	350
12	06 – 12 – 2023	300
13	12 – 12 – 2023	250
14	18 – 12 – 2023	250
TOTAL		5200

- **Muestreo**

Habiendo verificado que las vainas se encontraban en madurez de cosecha, a tempranas horas de la mañana, se procedió a cosechar tres plantas marcadas representativas de cada parcela, extrayendo las vainas secas y colocándolas en bolsas de papel debidamente identificadas, llevándolas a un ambiente fresco, seco y ventilado para que continúe su secado.

- **Cosecha**

El 6 de enero del 2024, después de cosechar las plantas marcadas, por haber completado los 115 días de edad del cultivo, estando más del 90% de vainas maduras (amarillentas) se prosiguió con la cosecha de los tres golpes restantes de cada parcela; recolectando todas las vainas por planta incluyendo las vanas; las mismas que fueron colocadas en bolsas de papel debidamente codificadas, a fin de

evitar confusiones por parcela, y fueron llevadas a un ambiente seco, fresco y ventilado a fin de continuar su secado hasta quedar apto para la trilla.

- **Trilla**

Habiendo pasado 10 días después de la cosecha, el día 16 de enero del 2024, se procedió al trillado; al observar que las vainas estaban secas y maduras, retirando las semillas de las vainas, de manera manual.

Los granos obtenidos se colocaron en bolsas de papel previamente codificadas por parcelas; para las posteriores evaluaciones.

2.2.5 Metodología de evaluación de las variables

- **Variables evaluadas:**

Porcentaje de emergencia (%).- La evaluación se realizó 9 días después de la siembra, cuando las hojas primarias estaban casi visibles, se contabilizó el número de plantas por golpe, respecto del número de semillas sembradas, expresando en porcentaje.

Longitud de la parte aérea por planta (cm).- A tempranas horas de la mañana con una lampa y bolsas previamente codificadas se procedió a la extracción donde se extrajeron 2 plantas por parcelas fue al inicio de la floración y se separaron la parte aérea de la parte radicular para luego medir la longitud de esta parte de la planta.

Longitud de la parte radicular por planta (cm).- Siguiendo la misma metodología de la variable longitud de la parte aérea por planta; con la única diferencia que esta vez se separó la parte radicular de la parte aérea para luego medir la longitud de esta parte de la planta.

Número de nódulos por planta (unidad).- Luego de extraer las raíces de 2 plantas de cada parcela con nódulos se procedió a contar y anotar los nódulos, para luego obtener el promedio

Peso seco de la biomasa aérea por planta (g).- Luego de ser extraídas y previamente codificadas de las parcelas fueron dirigidas al laboratorio de la facultad de Agronomía a tomar el peso seco de las muestras de la biomasa aérea luego de haber pasado las 48 horas y la estufa calibrada a 70 °C; ya retiradas las muestras de la estufa se empezó a pesar con la balanza de precisión y a tomar registros de sus pesos para luego obtener el peso seco promedio.

Peso seco de la biomasa radicular por planta (g).- Fue el mismo procedimiento de la parte aérea luego de ser extraídas de las parcelas fueron dirigidas al laboratorio

de la facultad de Agronomía a tomar el peso seco de las muestras de la biomasa aérea luego de haber pasado las 48 horas y la estufa calibrada a 70 °C; ya retiradas las muestras de la estufa se empezó a pesar con la balanza de precisión y a tomar registros de sus pesos para luego obtener el peso seco promedio.

- **Variables cuantitativas, componentes del rendimiento**

Número de vainas por planta (unidad). – Habiendo pasado diez días después de la cosecha se procedió a la evaluación; se contó el número de vainas por plantas teniendo en cuenta que por cada parcela se obtuvieron tres bolsas y cada bolsa tuvo dos plantas con el objetivo de obtener el promedio por planta.

Peso de 100 granos (g).- Se pesaron tres muestras de 100 granos cada una de cada parcela y se obtuvo el promedio respectivo, utilizando una balanza.

Porcentaje de grano sano y defectuoso (%).- Las tres muestras que se tuvieron fueron mezcladas y de esa mezcla se le retiró un grupo de 100 granos sin seleccionar al azar; con el objetivo de evaluar primero los granos sanos (teniendo en cuenta daños por hongos, insectos o mecánicos) y luego los defectuosos (teniendo en cuenta los brotados, abiertos, chupados) para obtener un porcentaje de granos sanos y defectuosos.

Porcentaje de granos defectuosos, según daño (%).- De la evaluación del porcentaje de granos sanos y defectuosos en la que se evaluaron los 100 granos de las cuales sus defectos se evaluaron en porcentaje, según sus daños (brotados, abiertos, chapados) y cada defecto expresado en porcentaje.

Peso de granos por planta (g).- Se obtuvo el promedio del peso de grano de tres plantas muestreadas por cada parcela.

Contenido de N en el grano (%).- De cada parcela experimental se extrajeron 20 a 30 gr de granos seco, para luego colocarlas en bolsas debidamente identificadas. Para luego enviar las muestras al laboratorio de química agrícola del instituto valle grande, para su respectivo análisis.

Rendimiento total (kg ha⁻¹).- Se obtuvo sumando el peso de granos de las plantas marcadas con el peso de granos del resto de plantas por cada parcela, obteniendo el peso de grano por parcela. Considerando que el área de una parcela era de 2.24 m², se obtuvo el rendimiento estimado de grano por hectárea.

III. RESULTADOS

En las siguientes páginas, se presentan los resultados obtenidos de la investigación realizada.

3.1 Porcentaje de emergencia

En el análisis de varianza realizado para el porcentaje de emergencia (Tabla 10), podemos observar que no hay diferencia significativa entre los tratamientos ni entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 9.83%.

TABLA 10

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE EMERGENCIA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.c	F.t	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	445.671	89.134 NS	1.088	2.901	4.556
Repeticiones	3	185.598	61.866 NS	0.755	3.287	5.417
Error experimental	15	1228.526	81.902			
Total	23	1859.795				
$S_{\bar{\chi}} = 4.525$		C.V. = 9.83%		Promedio = 92.08%		

NS. - No existe diferencia significativa

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 11), se observa que los valores obtenidos guardan cierto grado de igualdad, con una variación de 87.00 % para el tratamiento 4 (*Micorrizas + micorrizas*), hasta 98.75 % para el tratamiento 2 (*Bacillus sp + Bradyrhizobium sp + Micorrizas*), con un promedio general de 92.08 %.

TABLA 11

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PORCENTAJE DE EMERGENCIA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Clave	Tratamientos	Porcentaje de emergencia	
		Promedio (%)	Duncan 0.05
2	<i>Bacillus sp. + Bradyrhizobium sp. + Micorrizas</i>	98.75	a
6	Testigo NPK- (absoluto)	96.50	a
5	Testigo NPK +	91.75	a
1	<i>Bacillus sp. + Bradyrhizobium sp.</i>	89.50	a
3	<i>Bacillus sp. + Bradyrhizobium sp + Micorriza + Micorriza</i>	88.50	a
4	<i>Micorrizas + Micorrizas</i>	87.00	a

Nota. - Los tratamientos que muestran la misma letra, no son significativamente diferente entre sí.

3.2 Longitud de la parte aérea por planta

En el análisis de varianza realizado para la longitud de la parte aérea por planta (Tabla 12), podemos observar que no hay diferencia significativa entre los tratamientos ni entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 4.97%.

TABLA 12

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DE LA PARTE AÉREA POR PLANTA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.c	F.t	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	37.1752	7.435 NS	1.14	2.901	4.556
Repeticiones	3	29.6341	9.878 NS	1.525	3.287	5.417
Error experimental	15	97.1456	6.476			
Total	23	163.9549				
$S_{\bar{x}} = 1.272$		C.V. = 4.971%		Promedio = 51.199 cm		

NS. - No existe diferencia significativa

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 13), se observa cierta similitud entre los tratamientos; aunque numéricamente hay diferencia en los promedios obtenidos. El mejor promedio fue para el tratamiento 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + Micorriza + Micorriza) con 53.69 cm de longitud de la parte aérea por planta, mientras que el menor promedio fue para el tratamiento testigo absoluto NPK- con 49.75 cm de longitud.

TABLA 13

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LA LONGITUD DE LA PARTE AÉREA POR PLANTA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Clave	Tratamientos	Longitud aérea/ planta	
		Promedio (cm)	Duncan 0.05
3	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorriza + Micorriza	53.69	a
1	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i>	51.50	a
4	Micorrizas + Micorrizas	51.13	a
2	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorrizas	50.75	a
5	Testigo NPK +	50.38	a
6	Testigo NPK- (absoluto)	49.75	a

Nota. - Los tratamientos que muestran la misma letra, no son significativamente diferente entre sí.

3.3 Longitud de la parte radicular por planta

En el análisis de varianza realizado para la longitud de la parte radicular por planta (Tabla 14), podemos observar que no hay diferencia significativa entre los tratamientos ni entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 10.96%.

TABLA 14

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DE LA PARTE RADICULAR POR PLANTA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.c	F.t	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	102.314	20.463 NS	1.642	2.901	4.556
Repeticiones	3	26.784	8.928 NS	0.717	3.287	5.417
Error experimental	15	186.892	12.459			
Total	23	315.990				
$S_{\bar{x}} = 1.76$		C.V.= 10.96%		Promedio = 32.21 cm		

NS. - No existe diferencia significativa.

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 15), se observa que los mayores promedios fueron de los tratamientos 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + Micorriza + Micorriza) con 35.67 cm, seguido del tratamiento 1 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.*) con 33.75 cm, el tratamiento 4 (Micorrizas + micorrizas) con 32.88 cm y los tratamientos 2, 5 y 6 presentaron 30.50, 30.33 y 30.12 cm de longitud de la parte radicular por planta, siendo el T6 el testigo absoluto.

TABLA 15

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LA LONGITUD DE LA PARTE RADICULAR POR PLANTA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Clave	Tratamientos	Longitud de la parte radicular	
		Promedio (cm/planta)	Duncan 0.05
3	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorriza + Micorriza	35.67	a
1	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i>	33.75	a
4	Micorrizas + Micorrizas	32.88	a
2	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorrizas	30.50	a
5	Testigo NPK	30.33	a
6	Testigo NPK- (absoluto)	30.12	a

Nota. - Los tratamientos que muestran la misma letra, no son significativamente diferente entre sí.

3.4 Número de nódulos por planta

En el análisis de varianza realizado para el número de nódulos por planta (Tabla 16), podemos observar que no hay diferencia significativa entre los tratamientos ni entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 23.16%.

TABLA 16

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL NÚMERO DE NÓDULOS POR PLANTA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.c	F.t	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	31.433	6.287 NS	1.168	2.901	4.556
Repeticiones	3	12.388	4.129 NS	0.767	3.287	5.417
Error experimental	15	80.762	5.384			
Total	23	124.583				
$S_{\bar{x}} = 1.16$		C.V. = 23.16%		Promedio = 10.02 uni		

NS. - No existe diferencia significativa

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 17), se observa que los mejores promedios fueron para los tratamientos 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + Micorriza + Micorriza), 2(*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + Micorriza) y 4(Micorriza + micorrizas con valores promedio 132.50, 122.75 y 120.50 nódulos por planta, respectivamente; mientras que los tratamientos 1, 6, 5, en que se encuentran los testigos, presentaron 93,0, 88.75 y 75.75 nódulos por planta, en promedio, respectivamente.

TABLA 17

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL NÚMERO DE NÓDULOS POR PLANTA TRANSFORMADO POR $\sqrt{}$ EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DE PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA-ICA.

Clave	Tratamientos	Nódulos / planta		
		Promedio (unidad)	Promedio $\sqrt{}$ (unidad)	Duncan 0.05
3	<i>Bacillus</i> + <i>Bradyrhizobium</i> + Micorriza + Micorriza	132.50	11.25	a
2	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorrizas	122.75	11.00	a
4	Micorrizas + Micorrizas	120.50	10.75	a
1	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i>	93.00	9.50	a
6	Testigo NPK- (absoluto)	88.75	9.25	a
5	Testigo NPK +	75.75	8.25	a

Nota. - Los tratamientos que muestran la misma letra, no son significativamente diferente entre sí.

3.5 Peso seco de la biomasa aérea por planta

En el análisis de varianza realizado para el peso seco de la biomasa aérea por planta (Tabla 18), existe diferencia altamente significativa entre tratamientos, y no se encontró diferencia significativa entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 10.51%.

TABLA 18

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE LA BIOMASA AÉREA POR PLANTA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.c	F.t	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	645.865	129.173 **	7.192	2.901	4.556
Repeticiones	3	55.330	18.443 NS	1.027	3.287	5.417
Error experimental	15	269.399	17.960			
Total	23	970.595				
$S_{\bar{x}} = 2.12$		C.V. = 10.51%		Promedio = 40.32 gr		

NS. – No existe diferencia significativa.

**, - Diferencia altamente significativa con el 99 % de confiabilidad.

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 19), se observa en el primer lugar al tratamiento 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + Micorriza + Micorriza) con 49.36 g de peso seco aéreo. En segundo lugar, se ubicaron desde 1 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.*) con 42.60 g de peso seco, hasta 4 (Micorrizas + micorrizas) con 38.63 g de peso seco de la biomasa aérea. En tercer y último lugar se ubicó el testigo absoluto 6 (Testigo NPK-) con 32.01 g de peso seco de la biomasa aérea.

TABLA 19

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO SECO DE LA BIOMASA AÉREA POR PLANTA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Clave	Tratamientos	Peso seco biomasa aérea	
		Promedio (gr/planta)	Duncan 0.05
3	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorriza + Micorriza	49.36	a
1	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i>	42.60	b
5	Testigo NPK +	40.59	b
2	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorrizas	38.72	b
4	Micorrizas + Micorrizas	38.63	b
6	Testigo NPK- (absoluto)	32.01	c

Nota. - Los tratamientos que muestran la misma letra, no son significativamente diferente entre sí.

3.6 Peso seco de la biomasa radicular por planta

En el análisis de varianza realizado para el peso seco de la biomasa radicular por planta (Tabla 20), se observa que se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, no se encontró diferencia significativa entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 12.0%.

TABLA 20

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE LA BIOMASA RADICULAR POR PLANTA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.c	F.t	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	6.273	1.255 *	2.916	2.901	4.556
Repeticiones	3	0.563	0.188 NS	0.436	3.287	5.417
Error experimental	15	6.454	0.430			
Total	23	13.290				
$S_{\bar{x}} = 0.33$		C.V. = 12.0%		Promedio = 5.46 gr		

NS.- No existe diferencia significativa.

*: Diferencia significativa con el 95 % de confiabilidad.

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 21), se observa que en el primer lugar se ubicaron desde el tratamiento 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + Micorriza + Micorriza) con 6.31 g, hasta el tratamiento 4 (Micorrizas + micorrizas) con 5.68 g de peso seco de la biomasa radicular. En segundo lugar, se ubicaron desde 5 (Testigo NPK +) con 5.20 g, hasta 2 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + Micorriza) con 4.73 g de peso seco de la biomasa radicular.

TABLA 21

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO SECO DE LA BIOMASA RADICULAR POR PLANTA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Clave	Tratamientos	Peso seco biomasa radicular	
		Promedio (gr)	Duncan 0.05
3	<i>Bacillus</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorriza + Micorriza	6.31	a
1	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i>	5.76	a b
4	Micorrizas + Micorrizas	5.68	a b
5	Testigo NPK +	5.20	b
6	Testigo NPK- (absoluto)	5.13	b
2	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorrizas	4.73	b

Nota. - Los tratamientos que muestran la misma letra, no son significativamente diferente entre sí.

3.7 Número de vainas por planta

En el análisis de varianza realizado para el número de vainas por planta (Tabla 22), no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ni entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 12.94%.

TABLA 22

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.c	F.t	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	27.268	5.454 NS	0.933	2.901	4.556
Repeticiones	3	42.212	14.071 NS	2.408	3.287	5.417
Error experimental	15	87.633	5.842			
Total	23	157.113				
$S_{\bar{x}} = 1.21$		C.V. = 12.94%		Promedio = 18.68 vainas		

NS. - No existe diferencia significativa.

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 23), se corrobora la similitud en esta variable y se observa que el mayor promedio fue para el tratamiento 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + Micorriza + Micorriza) con 20.34 vainas por planta y el menos promedio fue para el tratamiento 1 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.*) con 17.25 vainas por planta.

TABLA 23

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Clave	Tratamientos	Número de vainas/planta	
		Promedio (unidad)	Duncan 0.05
3	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorriza + Micorriza	20.34	a
4	Micorrizas + Micorrizas	19.59	a
2	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorrizas	18.75	a
6	Testigo NPK- (absoluto)	18.53	a
5	Testigo NPK +	17.61	a
1	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i>	17.25	a

Nota. - Los tratamientos que muestran la misma letra, no son significativamente diferente entre sí.

3.8 Peso de 100 granos

En el análisis de varianza realizado para el peso de 100 granos (Tabla 24), podemos observar que no se encontró diferencia significativa alguna entre los tratamientos ni entre las repeticiones, y resultando un coeficiente de variación de 2.27%.

TABLA 24

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DE 100 GRANOS EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.c	F.t	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	26.024	5.205 NS	0.238	2.901	4.556
Repeticiones	3	181.764	60.588 NS	2.772	3.287	5.417
Error experimental	15	327.799	21.853			
Total	23	535.587				
$S_{\bar{x}} = 2.34$		C.V. = 2.27%		Promedio = 205.73 gr		

NS. - No existe diferencia significativa.

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 25), se corrobora la similitud de los promedios en esta variable, con un rango o amplitud de 207.25 g en 100 granos para el tratamiento 1(*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.*), hasta 203.73 g en 100 granos para el tratamiento 4(Micorriza + micorriza).

TABLA 25

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO DE 100 GRANOS EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Clave	Tratamientos	Peso de 100 granos	
		Promedio (gr)	Duncan 0.05
1	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i>	207.25	a
2	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorrizas	206.25	a
6	Testigo NPK- (absoluto)	205.76	a
3	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorriza + Micorriza	205.70	a
5	Testigo NPK +	205.68	a
4	Micorrizas + Micorrizas	203.75	a

Nota.- Los tratamientos que muestran la misma letra, no son significativamente diferente entre sí.

3.9 Porcentaje de grano sano

En el análisis de varianza realizado para el porcentaje de grano sano (Tabla 26), podemos observar que no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ni entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 7.25%.

TABLA 26

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE GRANO SANO Y DEFECTUOSO EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.c	F.t	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	0.014	0.00271 NS	1.069	2.901	4.556
Repeticiones	3	0.014	0.00463 NS	1.828	3.287	5.417
Error experimental	15	0.038	0.00253			
Total	23	0.065				
$S_{\bar{x}} = 0.025$		C.V. = 7.25%		Promedio = 69.4%		

NS. - No existe diferencia significativa

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 27), se observa que los tratamientos que alcanzaron un mayor promedio fueron el tratamiento 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + Micorriza + Micorriza) con 72%, 4(Micorriza + micorriza) con 71.50% y el tratamiento 1 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.*) con 70.75% de grano sano; siendo el menor promedio para el tratamiento 6 (Testigo absoluto) con 65% de grano sano.

TABLA 27

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PORCENTAJE DE GRANO SANO EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Clave	Tratamientos	Porcentaje de grano sano	
		Promedio (%)	Duncan 0.05
3	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorriza + Micorriza	72.00	a
4	Micorrizas + Micorrizas	71.50	a
1	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i>	70.75	a
2	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorrizas	69.00	a
5	Testigo NPK +	68.25	a
6	Testigo NPK- (absoluto)	65.00	a

Nota.- Los tratamientos que muestran la misma letra, no son significativamente diferente entre sí.

3.10 Contenido de Nitrógeno en el grano

En el análisis de varianza realizado para el contenido de nitrógeno en el grano (Tabla 28), podemos observar que no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ni entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 9.69%.

TABLA 28

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO EN EL GRANO EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.c	F.t	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	0.263	0.053 NS	0.709	2.901	4.556
Repeticiones	3	0.695	0.232 NS	3.119	3.287	5.417
Error experimental	15	1.115	0.074			
Total	23	2.073				
$S_{\bar{x}} = 0.136$		C.V. = 9.69%		Promedio = 2.81%		

NS.- No existe diferencia significativa.

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 29), se corrobora la similitud del contenido de Nitrógeno en el grano, obteniendo los mayores promedios el tratamiento 5 (Testigo con NPK), 4(micorriza + micorriza) y 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + Micorriza + Micorriza) con 2.95, 2.93 y 2.86% de N en el grano, respectivamente; mientras que el menor promedio fue para el tratamiento 1(*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.*) con 2.68% de N en el grano, sin diferencia estadística entre todos.

TABLA 29

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO EN EL GRANO EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Clave	Tratamientos	Contenido de “N” en el grano	
		Promedio (%)	Duncan 0.05
5	Testigo NPK +	2.95	a
4	Micorrizas + Micorrizas	2.93	a
3	<i>Bacillus</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorriza + Micorriza	2.86	a
6	Testigo NPK- (absoluto)	2.76	a
2	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorrizas	2.71	a
1	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i>	2.68	a

Nota. - Los tratamientos que muestran la misma letra, no son significativamente diferente entre sí.

3.11 Peso de granos por planta

En el análisis de varianza realizado para el número de vainas por planta (Tabla 30), no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, se encontró diferencia significativa entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 13.14%.

TABLA 30

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DE GRANOS POR PLANTA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.c	F.t	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	1131.477	226.295 NS	1.926	2.901	4.556
Repeticiones	3	1282.124	427.375 *	3.637	3.287	5.417
Error experimental	15	1762.579	117.505			
Total	23	4176.181				
$S_{\bar{x}} = 5.42$		C.V. = 13.14%		Promedio = 82.51 gr		

NS. - No existe diferencia significativa.

*: Diferencia significativa con el 95 % de confiabilidad.

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 31), se corrobora que no existe diferencia estadística entre los tratamientos; sin embargo, los mayores promedios alcanzados fueron por el tratamiento 4 (Micorrizas + micorrizas) con 90.79 g y el 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + Micorriza + Micorriza) con 90.16 g por planta; mientras que el menor promedio fue para el tratamiento 1 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.*) con 74.96 g de granos por planta.

TABLA 31

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO DE GRANOS POR PLANTA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Clave	Tratamientos	Peso de granos/planta	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
4	Micorrizas + Micorrizas	90.79	a
3	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorriza + Micorriza	90.16	a
2	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorrizas	86.80	a
6	Testigo NPK- (absoluto)	76.77	a
5	Testigo NPK +	75.63	a
1	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i>	74.96	a

Nota. - Los tratamientos que muestran la misma letra, no son significativamente diferente entre sí.

3.12 Rendimiento por parcela

En el análisis de varianza realizado para el rendimiento por parcela (Tabla 32), se encontró diferencia significativa entre los tratamientos y diferencia altamente significativa entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 13.44%.

TABLA 32

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO POR PARCELA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.c	F.t	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	210546.011	42109.202 *	3.68	2.901	4.556
Repeticiones	3	226515.971	75505.324 **	6.60	3.287	5.417
Error experimental	15	171593.046	11439.536			
Total	23	608655.027				
$S_{\bar{x}} = 53.478$		C.V. = 13.44%		Promedio = 795.87 gr		

*.- Diferencia significativa con el 95 % de confiabilidad.

**.- Diferencia altamente significativa con el 99 % de confiabilidad.

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 33), se observa que cinco tratamientos se ubicaron en el primer lugar, destacando 4 (Micorrizas + micorrizas) con 887.82 g/parcela, equivalente a 3 963.48 kg/ha; 3(*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + micorriza + micorriza) con 879.48 g/parcela, equivalente a 3926.25 kg/ha; 2(*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + Micorriza) con 869.98 g/parcela, equivalente a 3 883.83 kg/ha; y en el último lugar se ubicó el 6 (Testigo absoluto) con 638 g/parcela, equivalente a 2 849.77 kg/ha de grano seco.

TABLA 33

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL RENDIMIENTO POR PARCELA EN RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DEL PALLAR A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS Y MICORRIZAS EN SUBTANJALLA – ICA.

Clave	Tratamientos	Rendimiento de grano		
		Promedio (g/parcela)	Promedio (kg/ha)	Duncan 0.05
4	Micorriza + Micorrizas	887.82	3 963.48	a
3	<i>Bacillus</i> + <i>Bradyrhizobium</i> + Micorriza + Micorriza	879.48	3 926.25	a
2	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i> + Micorrizas	869.98	3 883.83	a
5	Testigo NPK +	796.92	3 557.67	a b
1	<i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i>	707.67	3 159.24	a b
6	Testigo NPK- (absoluto)	638.35	2 849.77	b

Nota. - Los tratamientos que muestran la misma letra, no son significativamente diferente entre sí.

IV. DISCUCIONES

La investigación experimental frente a la respuesta del rendimiento y calidad de grano del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) cultivar Precoz a la inoculación con rizobacterias y micorrizas, fue realizado en el vivero del Fundo “arrabales” en Subtanjalla – Ica, propiedad de la Universidad “San Luis Gonzaga” ubicado en la zona media del valle de Ica, en temporada de primavera – verano, con fecha de siembra en septiembre y cosecha en enero, en un suelo de textura franco arenoso, con buena porosidad, buen drenaje, de mediana capacidad retentiva de agua y nutrientes; donde el sistema radicular del cultivo no tuvo problemas en desarrollarse.

Con respecto a las características químicas del suelo, se trató de suelo que presentó un pH de reacción alcalina, conductividad eléctrica bajo sin problemas de salinidad, bajo contenido en materia orgánica, bajo contenido de carbonatos de Calcio, contenido medio de fósforo disponible, bajo en contenido de potasio, con capacidad de intercambio catiónico bajo, nivel bajo de cationes cambiables, sobresaliendo más el Calcio; dado condiciones presentes en el suelo el cultivo se desarrollara con total normalidad ya que el crecimiento no se verá afectado. A sí mismo, teniendo presente sus principales requerimientos tales como: su nutrición, riegos oportunos, manejo fitosanitario, labores de campo, etc.; por lo tanto, es un suelo que según sus características presenta buenas condiciones para el cultivo de pallar, aunque al tener un pH alcalino dificultaría la absorción de ciertos microelementos y también el crecimiento y desarrollo de bacterias y hongos.

Las temperaturas medias del mes de setiembre, presentaron un promedio de 20.4 °C mes en que se realizó la siembra, fue beneficioso para una correcta germinación y emergencia del cultivo de pallar; mostrando un rápido crecimiento y desarrollo; así mismo, conforme se acercaba la primavera hacia verano, las temperaturas mostraron un aumento de 22.4 °C en el mes de noviembre fecha en que se produjo la prefloración y floración. Sin embargo, las temperaturas máximas durante todo el ciclo de vida del cultivo, mostraron un promedio por encima de 28 °C siendo una temperatura no tolerable; en una etapa tan vulnerable como lo es la floración, a su vez, esta etapa fue reforzada con aplicaciones foliares de “Calcio-Boro”, para asegurar un buen cuajado y fomentar una buena formación de vainas y llenado del grano se aplicó “Oligomix-Co 1”. En la etapa de reproductiva (madurez de vainas y granos), las temperaturas medias fueron de 25.7 °C en el mes de enero fecha en que se realizó la cosecha, estas temperaturas favorecieron el secado de vainas y granos.

En el porcentaje de emergencia (Tabla 11), se muestra el valor promedio, con el porcentaje más alto para los tratamientos inoculados con rizobacterias y micorriza con un 98.75% para el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.+ Micorrizas), superando incluso al tratamiento 3 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.+ Micorriza + Micorriza), con un valor

promedio de 88.50 % de emergencia; por lo tanto, la coinoculación de bacterias y hongos nos garantiza un porcentaje de emergencia alto, a su vez, nos da a entender su efecto protector contra patógenos presentes en el suelo. Sin embargo, Marquina y Martínez [34] mencionan que los tratamientos que son inoculados con rizobacterias (*Bacillus sp.* y *Bradyrhizobium sp.*) presentan un mayor porcentaje de germinación llegando incluso al 100 %, a su vez hacen mención del efecto protector de las rizobacterias con respecto a la semilla y al cultivo.

A sí mismo, con respecto a la longitud de la parte aérea por planta (Tabla 13), se puede observar que el tratamiento 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + *Micorriza* + *Micorriza*) tratados con los todos los inoculantes obtuvo el mayor valor promedio de 53.69 cm de longitud aérea. Por lo tanto, las PGPR en conjunto con hongos micorrízicos arbusculares incluyen mucho en crecimiento de la longitud aérea, así mismo, el tratamiento 4 (*Micorriza* + *Micorriza*) fue desplazado por el tratamiento 3 dando un promedio de 51.13 cm de longitud aérea, y el tratamiento 5 (Testigo con NPK) con un promedio de 50.38 cm de longitud aérea, a su vez, estando en desventaja en comparación con los tratamientos inoculados. A sí mismo, podemos entender el rol importante de las rizobacterias como biofertilizantes y hongos para la asimilación y disponibilidad de nutrientes presentes en el suelo.

Por otro lado, los resultados reportados por Garayar y Miranda [36], muestran valores máximos que rondan desde los 66.6 cm de altura para el tratamiento *Bradyrhizobium* LMTR 28 (R), hasta los 61.1 cm para el tratamiento *Bradyrhizobium* LMTR 28. Asimismo, Centeno y Garayar [37], obtuvieron resultados bajos que rondaron desde 37.50 cm para el tratamiento testigo NP+, hasta los 30.40 cm de altura para el *Bradyrhizobium yuanmingense*.

Para la longitud de la parte de radicular por planta (Tabla 15), los valores obtenidos muestran similitud con los datos obtenidos de la longitud de la parte radicular por planta. En primer lugar, tomando a la delantera el tratamiento 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + *Micorriza* + *Micorriza*) con el mayor valor promedio de 35.67 cm de longitud radicular, así mismo, el valor promedio más bajo lo obtuvo el tratamiento 6 (Testigo absoluto) con 30.12 cm de longitud radicular. Por lo tanto, nos da entender que los tratamientos inoculados con los biofertilizantes y los hongos micorrízicos tuvieron mejores resultados en comparación con los testigos con NPK y sin NPK.

En cuanto a los resultados obtenidos por Garayar y Miranda [36], mostraron valores inferiores que van desde el 28.9 cm para el tratamiento con *Bacillus sp.*, hasta los 23.1 cm para el tratamiento *Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* (R). Por otro lado, los resultados reportados por Centeno y Garayar [37], con valores promedios inferiores desde los 17.50 cm de longitud radicular para el T5 (*Rhizobium sp.*), hasta los 14.60 cm de longitud radicular para el T1 (*Bacillus sp.*).

Para la variable nódulos por planta (Tabla 17), los resultados muestran que el tratamiento 3 inoculado con rizobacterias y micorrizas obtuvo el mayor valor promedio de 132.50 unidades de nódulos por planta, dando a entender el rol importante y mayor efectividad de los biofertilizantes en la formación de nódulos. A sí mismo, los tratamientos 2 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + *Micorrizas*) y 4 (*Micorrizas* + *micorrizas*) presentaron valores promedio casi homogéneos de 122.75 uni y 120.75 uni de nódulos por planta. Además, el tratamiento 6 (Testigo absoluto) con 88.75 uni, mostró formación de nódulos de cepas nativas propias del suelo y el tratamiento 5 (Testigo con NPK) con 75.75 uni con el valor promedio más bajo, dando a entender la baja formación de nódulos por parte del cultivo de pallar, ya que el Nitrógeno sintético, estuvo disponible en el suelo.

Por lo tanto, estos valores difieren con los obtenidos por Garayar y Miranda [36], que obtuvieron valores inferiores que van desde 39.88 uni para el tratamiento con *Bradyrhizobium sp.*, hasta los 18.62 uni de nódulos para el tratamiento con *Bacillus* + *Bradyrhizobium* (R).

Centeno y Garayar [37], reportan valores significativamente inferiores con promedios que van desde 28.80 uni. nódulos por planta siendo el mayor valor para el T3 (*Bradyrhizobium sp.*), seguidamente, el T2 (*Bradyrhizobium yuanmingense*) con un valor promedio de 16.90 uni. de nódulos por plantas tomando el segundo lugar. Y, el último lugar, con valor más bajo que fue de 3.90 uni. nódulos por planta para el testigo absoluto.

Para las variables de peso de la biomasa aérea y radicular por planta (Tabla 19, Tabla 21), los tratamientos que resaltaron en sus gran mayoría fueron los inoculados con biofertilizantes y micorrizas; seguido del testigo con PNK, todos mostraron un buen valor promedio; destacando en primer lugar el tratamiento 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + *Micorriza* + *Micorriza*) con 49.36 gr de peso seco de biomasa aérea, y el penúltimo lugar para el tratamiento 4 (*Micorrizas* + *micorrizas*) con 38.63 gr de peso seco de biomasa aérea, mientras que el testigo absoluto mostró el menor valor promedio con 32.01 gr de peso seco de biomasa aérea. Por otro lado, los mejores valores promedio para el peso seco de biomasa radicular que van desde el tratamiento 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + *Micorriza* + *Micorriza*) con 6.31 gr hasta el tratamiento 6 (Testigo absoluto) con un valor de 5.13 gr de peso se bimasa radicular. Entonces, podemos afirmar que los mejores promedios tanto en peso seco aérea y radicular son para los tratamientos que fueron inoculados con biofertilizantes y micorrizas, igualando y superando incluso al testigo con NPK, que tuvo a su disposición los nutrientes fácilmente asimilables.

Sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos por Garayar y Miranda [36], obteniendo resultados bajos que van desde los 25.84 gr de peso seco aéreo para el tratamiento con *Bacillus* (R), hasta 16.35 gr de peso seco aéreo para el tratamiento testigo absoluto.

Además, sus resultados para el peso seco radicular arrojaron un máximo valor de 1.65 gr peso seco radicular para el tratamiento *Bradyrhizobium* (R), seguido de 1.46 gr de peso seco radicular para el tratamiento *Bacillus* + *Bradyrhizobium*, y el valor más bajo fue de 1.09 gr de peso seco radicular.

En cuanto a los resultados obtenidos por Centeno y Garayar [37], se observa que los T3(*Bradyrhizobium* sp.), T1(*Bacillus* sp.) y T5(*Rhizobium* sp.), obtuvieron 6.90 gr, 5.25 gr y 5.11 gr de peso seco aéreo y estando en el último lugar con 4.113 gr para el T2 (*B. yuanmingense*).

Para la variable número de vainas por planta (Tabla 23), se muestran los mejores valores que van desde el tratamiento 3 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Micorriza + Micorriza) con valor promedio de 20.34 unidades de vainas, siendo este el más alto promedio; y en segundo lugar fue para el tratamiento 4 (Micorrizas + micorrizas) con un valor promedio de 19.59 unidades de vainas, desplazando incluso al testigo con NPK con un valor promedio de 17.25 unidades de vainas.

Por lo tanto, estos resultados difieren a los obtenidos por Marquina y Martinez [34], en sus trabajos de investigación, hacen mención de que obtuvieron unos valores promedios que van desde 16 a 19 unidades de vainas por planta, para todas las combinaciones evaluadas, con las dos líneas de pallar precoz. Así mismo, hacen referencia de que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos inoculados y los testigos con NPK y el testigo absoluto. Asimismo, Garayar y Miranda [36], en su presente trabajo de investigación obtiene resultados significativamente bajos que van desde 16.07 vainas por planta para el tratamiento con *Bacillus* sp., hasta los 10.47 uni. de vainas por planta para el testigo absoluto.

A su vez, Centeno y Garayar [37], reportan resultados con promedios de 12.76 vainas por planta para el testigo fertilizado siendo este el mayor promedio reportado, seguidamente, del 11.24 vainas por plantas para el testigo absoluto, siendo este el valor más bajo. Además, hacen referencia de los tratamientos con rizobacterias y el testigo fertilizado tuvieron promedios desde los 12.02 a 12.76 vainas por planta.

La aplicación de rizobacterias y micorrizas mostraron resultados positivos con respecto a la variable número de nódulos por planta, siendo este un componente del rendimiento. Además, los tratamientos inoculados tuvieron valores superiores al de los testigos.

Para la variable de peso de 100 granos (Tabla 25), los resultados nos dan a entender que los tratamientos que fueron inoculados con *Bacillus* sp. y *Bradyrhizobium* sp. influyeron mucho en la formación y llenado de granos a la vez mostraron un valor promedio alto 207.25 gr de peso de 100 granos, superando incluso al testigo con NPK con un valor promedio de 205.68 gr de peso de 100 granos, cabe mencionar, que los tratamientos tratados con inoculantes no

son significativamente diferentes al testigo con NPK, incluso a veces superándolo. Así mismo los valores oscilaron desde 207.25 gr a 203.75 gr de peso de 100 granos. Estos resultados fueron significativamente superiores de los obtenidos por Marquina y Martínez [34], en su trabajo de investigación en las que obtuvieron promedios inferiores que van desde 148 a 164 gr de peso de 100 granos. A su vez, Garayar y Miranda [36], reportan valores significativamente bajos que van desde los 188.60 gr de peso de 100 granos para el tratamiento *Bacillus* + *Bradyrhizobium* (R), hasta los 185.30 gr de peso de 100 granos para el testigo absoluto siendo el valor más bajo.

Centeno y Garayar [37], refieren valores significativamente diferentes que fluctuaron en promedios que rondaron los 205.96 gr de peso de 100 grano para el T3 (*Bradyrhizobium sp.*) siendo este el mayor valor, seguidamente del 204.60 gr de peso de 100 granos para testigo fertilizado. Y, los valores más bajos los obtuvieron el testigo absoluto y el T4 (*Pantoea sp.*) con promedios de 190.77 y 189.43 gr de peso de 100 granos.

Cabe mencionar que las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (*Bacillus sp.* y *Bradyrhizobium sp.*) incrementan peso del grano siendo esta variable un componente del rendimiento.

Para la variable del porcentaje de grano sano (Tabla 27), que es una variable importante de calidad física de la semilla, los resultados mostraron valores promedios que van desde 72 % de grano sano para el tratamiento 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + *Micorriza* + *Micorriza*), seguido del tratamiento 4 (*Micorrizas* + *micorrizas*) con un valor promedio de 71.50 % de grano sano, hasta el tratamiento 5 (Testigo con NPK) con un valor promedio de 68.25 % de grano sano. Lo que nos indica que los tratamientos tratados con los inoculantes mostraron una mejor conformación del grano, con menos defectos o daños, menos brotados, rajados, etc. A la vez podemos afirmar que toleraron el efecto térmico de la temporada primavera – verano. Estos resultados son significativamente inferiores a los obtenidos por Marquina y Martínez [34], quienes mencionan que la línea L2 (PPD 118-2013) es significativamente superior con un valor promedio que va desde 74 a 79 % superando a la línea L1 (PPD 162-1-2013).

Para el contenido de nitrógeno en el grano que está directamente relacionado con el contenido de proteínas del grano (Tabla 29), se observa un grupo homogéneo con valores casi similares que van desde tratamiento 5 (Testigo con NPK) con un valor promedio de 2.95 % de contenido de nitrógeno, hasta el tratamiento 3 (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* + *Micorriza* + *Micorriza*) con un valor promedio de 2.86 % de contenido de nitrógeno en el grano; esto nos indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos tratados con inoculantes frente al testigo con NPK, pudiendo incluso reemplazar los fertilizantes sintéticos con los

biofertilizantes. Estos valores son significativamente inferiores a los obtenidos por Marquina y Martinez [34], en su proyecto de investigación, así mismo hacen mencionan que los tratamientos tratados con inoculantes y el tratamiento fertilizado con NPK, mostraron un porcentaje de 4.039 a 4.044 %, incluso el testigo absoluto mostro un valor promedio de 4.032 % de Nitrógeno en el grano, siendo valores relativamente altos.

Además, los resultados obtenidos por Garayar y Miranda [36], también son significativamente altos que van desde los 4.105 % de Nitrógeno en el grano para el tratamiento con *Bradyrhizobium (R)*, hasta los 3.880% de Nitrógeno en el grano para el testigo absoluto siendo menor valor promedio.

Centeno y Garayar [37], en su estudio obtienen resultados significativamente altos cuyos valores van desde los 4.043% de Nitrógeno en el grano para el T3 (*Bradyrhizobium sp.*), hasta 3.990% de Nitrógeno en el grano para el T4 (*Pantoea sp.*) y el testigo absoluto cada uno. También, mencionan que todas las rizobacterias obtuvieron resultados próximos al 4 %; a excepción de *Pantoea sp.* y le testigo absoluto con los valores más bajos.

Para la variable de peso de grano por planta (Tabla 31), esta variable está directamente relacionado con rendimiento, los valores muestran un grupo homogéneo que presentan los mejores valores promedios que van desde el tratamiento 4 (*Micorrizas + micorrizas*) con un valor de 90.97 gr de peso de grano, hasta el tratamiento 2 (*Bacillus sp. + Bradyrhizobium sp. + Micorrizas*) con un valor de 86.80 gr de peso de grano. Esto nos da a entender el positivo y rol importante que juegan los biofertilizantes y micorrizas en tamaño y llenado del grano. Así mismo, este grupo fue superior en promedio desplazando incluso al testigo absoluto y al testigo con NPK que presentaron promedios bajos de 76.77 a 75.63 gr de peso de grano.

Los valores referidos por Centeno y Garayar [37], son significativamente bajos a comparación con el presente estudio; obteniendo valores que van desde los 69.46 gr de peso de grano para el testigo fertilizado, seguido del T3 (*Bradyrhizobium sp.*) con un valor de 65.14 gr de peso de granos, T5 (*Rhizobium sp.*) con un valor de 63.41 gr de peso de grano y T1 (*Bacillus sp.*) con 62.48 gr de peso de grano, finalmente, el valor promedio más bajo fue de 57.86 gr de peso de grano para el testigo absoluto.

Para la variable de rendimiento por parcela (Tabla 33), se observa que un grupo homogéneo con valores promedios que van desde el tratamiento 4 (*Micorrizas + micorrizas*) con valor de 3963.48 kg/ha de grano, hasta el tratamiento 2 (*Bacillus sp + Bradyrhizobium sp+ Micorrizas*) con un valor de 3883.83 kg/ha de grano, este grupo estuvo por encima en rendimiento, superando incluso al testigo con NPK que tuvo una fertilización sintética. Cabe mencionar que los *Bacillus sp.*, *Bradyrhizobium sp.* y micorrizas tienen un efecto positivo e influyeron mucho tanto en la disponibilidad del nitrógeno por parte de las bacterias y una mayor asimilación,

absorción de nutrientes por parte las micorrizas por ende influenciaron en la fisiología del cultivo de pallar. Así mismo, el valor promedio más bajo lo obtuvo el testigo absoluto con 2849.77 kg/ha de grano.

Asimismo, los resultados obtenidos por Garayar y Miranda [36], en su trabajo de estudio mostraron valores relativamente bajos con promedios que van desde los 3,296.88 Kg/ha de grano para el tratamiento con *Bacillus*, hasta los 2,147.76 Kg/ha de grano para el testigo absoluto.

En los estudios realizado por Centeno y Garayar [37], refieren resultados bajos en comparación con el presente estudio, asimismo, mencionan valores que van desde los 2,947.52 Kg/ ha de grano para el testigo fertilizado tomando el primer lugar, seguidamente, T1 (*Bacillus sp.*) y testigo absoluto con valores de 2,586.75 Kg/ha y 2,547.33 Kg/ha gr en promedio. Por último, con un valor 2,079.20 Kg/ha fue para el T2 (*B. yuanmingense*) siendo el promedio más bajo.

Teniendo presente las condiciones ambientales en la que se sembró, las alta temperaturas y su impacto en floración y cuajado de vainas. En definitiva, los resultados obtenidos en presente estudio son muy excelentes para la variable rendimiento. Haciendo, hincapié a la habilidad del pallar de realizar simbiosis con microorganismos del suelo o inoculados como es caso de cepas seleccionadas de rizobacterias (*Bacillus sp.* y *Bradyrhizobium sp.*) co-inoculadas con las micorrizas. En pocas palabras, las rizobacterias co-inoculadas con micorrizas podrían reemplazar a los fertilizantes sintéticos “N y P”, reduciendo los costos de producción.

V. CONCLUSIONES

Conociendo las condiciones en las que se desarrolló el proyecto de investigación, y teniendo los resultados se puede concluir que:

1. Es posible combinar de manera exitosa la inoculación de la semilla con rizobacterias con la aplicación de micorrizas en el momento oportuno, logrando efectos positivos en la planta de pallar.
2. La aplicación de micorrizas tanto solas como en combinación con las rizobacterias (*Bacillus sp.* y *Bradyrhizobium sp.*), lograron un efecto positivo en el rendimiento del cultivar de pallar precoz en estudio, superando significativamente al testigo absoluto.
3. La aplicación de micorrizas tanto solas como combinadas con las rizobacterias (*Bacillus sp.* y *Bradyrhizobium sp.*), alcanzaron similar contenido de Nitrógeno en el grano que el testigo fertilizado con NPK, demostrando que los productos biotecnológicos mantienen la calidad del grano, garantizando el porcentaje de proteína que aporta el cultivo de pallar.
4. Los tratamientos inoculados con rizobacterias (*Bacillus sp.* y *Bradyrhizobium sp.*) y micorrizas, obtuvieron resultados significativamente superiores en el número de nódulos por planta, en el porcentaje de grano sano, y en la mayoría de variables evaluadas, superaron en promedios a ambos testigos evaluados.
5. La aplicación de biofertilizantes a base de micorrizas y rizobacterias, son alternativas de reemplazo a los fertilizantes sintéticos. Contribuyendo además a fomentar una agricultura sustentable.

VI. RECOMENDACIONES

Teniendo presente los resultados obtenidos y según las conclusiones del proyecto, se recomienda que:

1. Repetir la presente investigación en parcelas de mayor tamaño, utilizando las mismas rizobacterias y micorrizas empleadas, a fin de comprobar los resultados obtenidos.
2. Realizar investigaciones utilizando rizobacterias y micorrizas en diferentes épocas de siembra, a fin de encontrar su mejor respuesta en otros ambientes.
3. Realizar investigación similar en campo de agricultores, a fin de que puedan evidenciar el efecto de la aplicación de productos biotecnológicos en sus cultivos e iniciar la adopción de la innovación, que viene siendo exitosa en diferentes cultivos.
4. Capacitar a los agricultores en alianza estratégica con la institución del sector agrario en el uso de microorganismos benéficos como es el caso de rizobacterias y micorrizas como una alternativa a los fertilizantes sintéticos el manejo del cultivo de pallar.
5. Tener siempre presente que la semilla debe ser inoculada con los biofertilizantes y reinoculadas en fechas oportunas, para garantizar una respuesta positiva por parte de la planta.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Torres y V. Valencia, “Respuesta del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) variedad Generoso de Ica a la inoculación con cepas de *Bradyrhizobium* sp. y *Bacillus* sp. en Santiago, Ica”. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica. 2014.
- [2] C. Cabrera, “Manual del cultivo de pallar”, CEDEP- Ica, agosto 2008.
- [3] M. Ahemad, M. Kibret, “Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective”, J. King Saud Univ. Sci, vol. 26, no. 1, pp. 1-20, January 2014.
- [4] M. Van der Heijden, “Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future”, Ne. Phyt. Foun., vol. 205, no. 4, pp. 1406-1423, February 2015.
- [5] J. Baudet, “Origine Et Classification Des Espèces Cultivées Du Genre *Phaseolus*.” Royal Botanical Society of Belgium, vol. 110, no. 1/2, pp. 65–76, 1977.
- [6] A. Maquet, et al, “Phylogenetic Study on Wild Allies of Lima Bean, *Phaseolus Lunatus* (Fabaceae), and Implications on Its Origin.”, Plant Systematics and Evolution, vol. 218, no. 1/2, pp. 43–54. 1999
- [7] D. Debouck,” Diversity in *Phaseolus* Species in Relation to the Common Bean”, Developments in Plant Breeding, vol. 7, pp. 25-52, 1999.
- [8] O. Toro Chica, et al, Observations on a noteworthy wild Lima bean, *Phaseolus lunatus* L., from Colombia, Colombia, South America, 1993, pp. 53-54
- [9] J. P. Baudoin, et al, "Ecogeography, demography, diversity and conservation of in the Central Valley of Costa Rica", IPGRI, vol. 1, no. pp. 5, 2006.
- [10] L. Espinoza, “Asistencia técnica dirigida en Manejo y Sanidad en el cultivo de pallar”, UNALM – AGROBANCO, Guía Técnica, p. 29, 2012.
- [11] Fuentes-Ramírez, et al, PGPR: Biocontrol y Biofertilización. 1ª ed. México: ZAKI A. SIDDIQUI, 2006, pp. 143-172.
- [12] H. Rodriguez y R. Fraga, “Bacterias solubilizadoras de fosfato y su papel en la promoción del crecimiento vegetal.”, El Sevier, vol. 17, no. 4-5, pp. 319-339, octubre, 1999.
- [13] M. Camelo, et al, “Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal”, Ciencia y tecnología agropecuaria, vol. 12, no 2, p. 159-166, nov. 2011.
- [14] D. Kuykendall, “*Bradyrhizobium*”, Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria, pp. 1-11, Sep. 2015.

- [15] E. P. Alarcón, A. Lozano de Yunda, y H. Chaparro, “Caracterización fenotípica de aislamientos rizobianos de acacia (*Acacia sp.*) y retamo (*Teline monpessulana*)”, Rev. Colomb. Quím., vol. 26, n.º 2, pp. 21–33, jul. 1997.
- [16] B. Cuadros, G. Rubios, W. Santos, “Caracterización de cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (con habilidad de nodulación) seleccionados de los cultivos de frijol caupi (*Vigna unguiculata*) como potenciales bioinóculos”, Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm., Vol. 38 (1), pp. 78-104, mayo 2009.
- [17] R. Palacio-Rodríguez, et al, “Efecto de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal de tomate en condiciones de casa sombra comercial”, Rev. Mex. Cienc. Agríc., vol. 13, no. 28, pp. 1259 – 1270, oct. 2022.
- [18] J. Ruelas-Islas, et al, “Rol de *Bacillus subtilis* y dosis de fósforo en la concentración, distribución y absorción de macronutrientes en frijol común”, Terra Latinoamérica, vol. 41, agosto 2023.
- [19] J. Trappe, “Aspectos filogenéticos y ecológicos de la micotrofia en las angiospermas desde un punto de vista evolutivo.”, Ecofisiología de plantas micorrícicas VA, pp. 5-25, enero, 1987.
- [20] S. Camargo-Ricalde, et al, “Micorrizas: Una gran unión debajo del suelo”, Rev. Dig. Universitaria, vol. 13, no. 7, pp. 1-19, julio 2012.
- [21] A. Rohyadi. “Respuestas del crecimiento de las hifas externas de los hongos micorrízicos arbusculares a las condiciones ácidas del suelo y sus efectos sobre el crecimiento del caupí”, Microbiol indones , vol. 2, núm. 1, pág. 5 de marzo de 2010.
- [22] J. Franco, “efectos benéficos de las micorrizas sobre las plantas”, Bioscripts.net. <https://www.bioscripts.net/?s=EFFECTOS+BENEFICIOSOS+DE+LAS+MICORRIZAS+SOBRE+LAS+PLANTAS> Fecha de acceso: (23 de abril de 2024)
- [23] Y. Noda, “Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos.”, Pastos y Forraje, vol. 32, no. 2, pp. 1-10, junio, 2009.
- [24] M. Hernández-Martínez, et al. “Inoculación micorrízica y su efecto en el crecimiento de dos leguminosas arbóreas.”, Terra Latinoamericana, vol. 24. no. 1, pp. 65-73, enero-marzo, 2006.
- [25] M. Hernández, F. Cuevas.” El efecto de inocular con arbuscular cepas de micorriza y bradirizobio sobre soya (*Glycine max* (L) Merrill) desarrollo del cultivo”, Cultivos tropicales, vol. 24, no. 2, p. 19-21. 2003.

- [26] J. Román-Reyes, J. “Informe Final del Proyecto Validación de Productos Orgánicos en Módulos en la Región Sur Sureste de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacifico Centro. Campo Experimental Rosario Cotaxtla. 90 pág. 2010.
- [27] J. Corbera. “Coinoculación *Bradyrhizobium japonicum* micorriza vesículo-arbuscular como fuente alternativa de fertilización para el cultivo de la soya”. Cultivos tropicales, vol. 19, no. 1, p. 17-20. 1998.
- [28] F. Polanco y M. Vanegas, “Efecto de la inoculación con rizobios y micorrizas sobre el crecimiento, rendimiento y la rentabilidad del cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)”, Tesis Para optar el título de: Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, Managua, Venezuela, 2023.
- [29] A. Sánchez, “Influencia de micorrizas arbusculares en el desarrollo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Pinto americano bajo condiciones de estrés.”, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 2022.
- [30] A. Romero-Arias, et al, “Efecto de la aplicación de tres cepas de *Bradyrhizobium* en el desarrollo morfoagronómico de *Glycine max* L.”, Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", vol. 42, núm. 4, setiembre, 2019.
- [31] H. Velásquez. “Interacción entre *Bradyrhizobium* sp. Y Micorrizas vesiculo arbusculares en el rendimiento de pallar (*Phaseolus lunatus* L.), Cultigrupo sieva Cv. UNALM-2”. Tesis Para optar el título de: Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “Agraria La Molina”. Facultad de agronomía. Lima. 2007
- [32] M. Angelino. “Interacción entre *Bradyrhizobium* sp. Y Micorrizas vesiculo arbusculares en los parámetros biométricos y el contenido del clorofila del pallar (*Phaseolus lunatus* L.), Cultigrupo sieva Cv. UNALM-2”. Tesis Para optar el título de: Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “Agraria La Molina”. Facultad de agronomía. Lima. 2006.
- [33] A.R. Taipe. “Evaluación del Efecto de *Bradyrhizobium*, en Rendimiento y Capacidad Simbiótica, en Dos Variedades de Tarwi (*Lupinus mutabilis*), en Buenavista – Lircay”. Para optar el título de: Ingeniero Agrónomo. Universidad Para El Desarrollo Andino. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Hunacavelica. 2021.
- [34] H. Marquina y J. Martinez. “Efecto de la inoculación con Rizobacterias en el rendimiento y característica del grano de dos líneas de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) precoz en primavera en Subtanjalla - Ica”. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica. 2021.

- [35] W. Collado, C. Hernández. “Efectividad de Cepas Promisorias de *Bradyrhizobium sp* en dos cultivares de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en la zona media del valle de Ica”. Tesis Para optar el título de: Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” de Ica. Facultad de agronomía. Ica. 2012.
- [36] G. Garayar y C. Miranda. “Efecto de la reinoculación con cepas seleccionadas de *Bacillus* y *Bradyrhizobium* en pallar (*Phaseolus lunatus* L.) precoz en la zona media del valle de Ica”. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica. 2017.
- [37] J. Centeno y Y. Garayar. “Respuesta del rendimiento del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) variedad Precoz de Ocucaje, a la aplicación de cepas seleccionadas de rizobacterias en el sector Guadalupe, zona media del valle de Ica”. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica. 2018.
- [38] L. Foronda. “Efecto de la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica. 2023.
- [39] L. Huaribay. “Efecto de la coinoculación con cepas de rizobacterias y aplicación de un bioestimulante en el rendimiento y calidad del grano de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) cultivar PPD 162-1-2013, en Subtanjalla-Ica”. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica. 2024.
- [40] J. F. Aguirre-Medina. “Biofertilizantes microbianos: Experiencias agronómicas del programa nacional del INIFAP en México”. Libro Técnico Núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigaciones Regionales Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. 201 p. 2006.
- [41] J. F. Aguirre-Medina, A. Mendoza-López, J. Cadena-Iñiguez y C. Avendaño-Arrazate. “La Biofertilización del cacao (*Theobroma cacao*) L. en vivero con (*Azospirillum brasilense*) Tarrand, Krieg et Döbereiner y (*Glomus intraradices*) Schenk et Smith. Interciencia. 32 (8): 1-6. 2007.
- [42] J. F. Aguirre-Cadena y J. F. Aguirre-Medina. Biofertilizantes. Disponible en:
<https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/571/440>

VIII. ANEXOS

8.1. Anexo 1: Informe de Análisis de suelo



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : LUIS YARASCA LAURENTE
PREDIO : FUNDO ARRABALES - FACULTAD DE AGRONOMIA
MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 853-01S-2023
LUGAR : Ica
FECHA DE RECEP. : 22/08/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN CON MICRONUTRIENTES DISPONIBLES MUESTRA : LOTE 1 - CULT. PALLAR - VIVERO DE FITOMEJORAMIENTO - ÚNICA

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	74.91	%		
Limo	13.96	%		
Arcilla	11.13	%	MES-001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARENOSO			
Porcentaje de Saturación de Agua	24.13	%	MES-002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	1.95	%	MES-003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	0.92	dS / m	MES-004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp 23.5 °C	8.69		MES-005	Electrométrico
Fósforo Disponible	18.66	ppm	MES-006	Olsen
Materia Orgánica	0.48	%	MES-007	Walkley y Black
Potasio Disponible	156.80	ppm	MES-009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				Extractante: Ac. Amonio
Calcio	5.15	mEq / 100 g	MES-010	FAAS
Magnesio	0.96	mEq / 100 g	MES-011	FAAS
Sodio	0.28	mEq / 100 g	MES-012	FAAS
Potasio	0.39	mEq / 100 g	MES-013	FAAS
P.S.I	4.08	%	MES-015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	6.77	mEq / 100 g	MES-017	Cálculo Matemático
Micronutrientes Disponibles				Extractante: DTPA
Cobre	0.73	ppm.	MES-018	FAAS
Zinc	1.08	ppm.	MES-019	FAAS
Manganeso	6.01	ppm.	MES-020	FAAS
Hierro	4.77	ppm.	MES-021	FAAS
				Extractante: CaCl₂·2H₂O
Boro	2.16	ppm.	MES-022	Colorimétrico

DONDE:

E.S : Extracto de Saturación.
(1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
P.S.I : Porcentaje de Sodio Intercambiable.
C.I.C.E : Capacidad de Intercambio Catiónico Ectivo.

% : Masa / Masa.
ppm : mg / Kg.
MES : Método Propio del Laboratorio.
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.

NOTA:

- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

8.2. Anexo 2: Datos meteorológicos

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación CO - Tacama

Longitud : 75° 43' 13.88" S
Latitud : 13° 59' 55.22" W
Altitud : 429 msnm

Dpto. : Ica
Provincia : Ica
Distrito : La Tinguiña

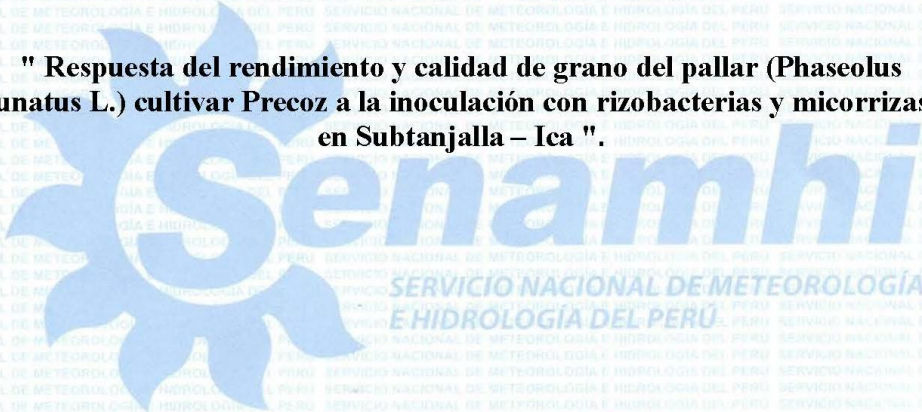
Parámetro : Temperatura Máxima Mensual (°C) Mes: Set-Dic (2023) y Ene (24)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
2023	-	-	-	-	-	-	-	-	28.4	30.6	30.0	30.8
2024	32.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Información preparada para: Luis Alberto Yarasca Laurente

PROYECTO DE TESIS - EN AGRONOMIA

" Respuesta del rendimiento y calidad de grano del pallar (Phaseolus lunatus L.) cultivar Precoz a la inoculación con rizobacterias y micorrizas, en Subtanjalla – Ica ".



Firmado digitalmente por ROSAS LUJAN Ricardo Antonio FAU 20131960728 sor. Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 02/04/2024 11:31:07 -05:00

Ica, 01 de abril del 2024
Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

Anexo 2: Datos meteorológicos (continuación)

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación CO - Tacama

Longitud : 75° 43' 13.88" S
Latitud : 13° 59' 55.22" W
Altitud : 429 msnm

Dpto. : Ica
Provincia : Ica
Distrito : La Tinguiña

Parámetro : Temperatura Media Mensual (°C)

Mes: Set-Dic (2023) y Ene (24)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
2023	-	-	-	-	-	-	-	-	20.4	22.6	22.4	24.0
2024	25.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Información preparada para: **Luis Alberto Yarasca Laurente**

PROYECTO DE TESIS - EN AGRONOMIA

"Respuesta del rendimiento y calidad de grano del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) cultivar Precoz a la inoculación con rizobacterias y micorrizas, en Subtanjalla – Ica”.



Firma Digital
Firmado digitalmente por ROSAS
LUAN Ricardo Antonio FAU
20131366028 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 02.04.2024 11:30:43 -05:00

Ica, 01 de abril del 2024
Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

Anexo 2: Datos meteorológicos (continuación)

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación CO - Tacama

Longitud : 75° 43' 13.88" S
 Latitud : 13° 59' 55.22" W
 Altitud : 429 msnm

Dpto. : Ica
 Provincia : Ica
 Distrito : La Tinguiña

Parámetro : Temperatura Mínima Mensual (%)

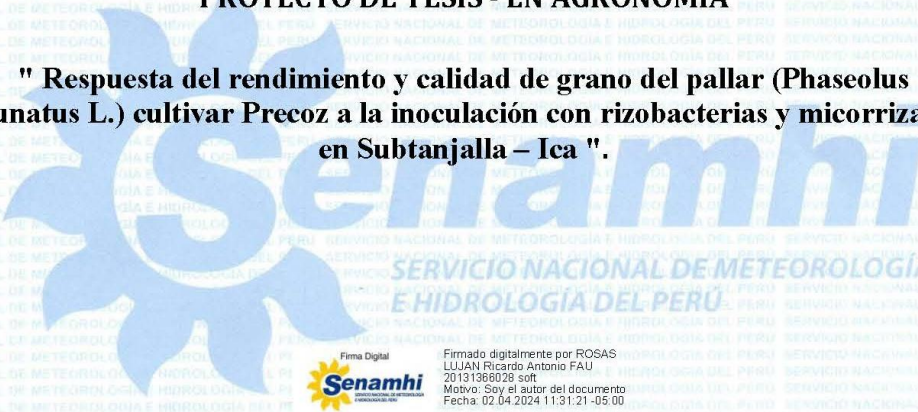
Mes: Set-Dic (2023) y Ene (24)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
2023	-	-	-	-	-	-	-	-	13.1	15.4	14.8	16.8
2024	19.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Información preparada para: **Luis Alberto Yarasca Laurente**

PROYECTO DE TESIS - EN AGRONOMIA

" Respuesta del rendimiento y calidad de grano del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) cultivar Precoz a la inoculación con rizobacterias y micorrizas, en Subtanjalla – Ica "



Firmado digitalmente por ROSAS
 LUJAN Ricardo Antonio FAU
 20131366029 soft
 Móvil: Soy el autor del documento
 Fecha: 02.04.2024 11:31:21 -05:00

Ica, 01 de abril del 2024
 Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
 Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

Anexo 2: Datos meteorológicos (continuación)

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación CO - Tacama

Longitud : 75° 43' 13.88" S
Latitud : 13° 59' 55.22" W
Altitud : 429 msnm

Dpto. : Ica
Provincia : Ica
Distrito : La Tinguiña

Parámetro : Humedad Relativa Mensual (%)

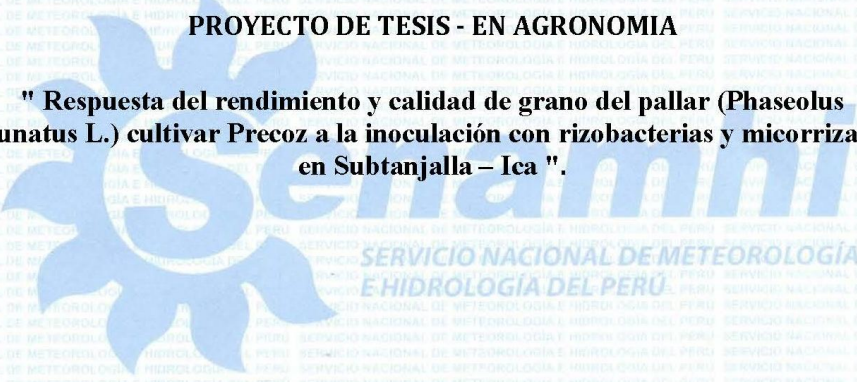
Periodo: Set-Dic 2023 y Ene 2024

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
2023	-	-	-	-	-	-	-	-	78.2	74.8	75.2	74.2
2024	72.8											

Información preparada para: Luis Alberto Yarasca Laurente

PROYECTO DE TESIS - EN AGRONOMIA

" Respuesta del rendimiento y calidad de grano del pallar (Phaseolus lunatus L.) cultivar Precoz a la inoculación con rizobacterias y micorrizas, en Subtanjalla – Ica ".



Firmado digitalmente por ROSAS LUJAN Ricardo Antonio FAU 2013136028 soft
Móbo Soy el autor del documento
Fecha: 02.04.2024 11:31:47 -05:00

Ica, 01 de abril del 2024
Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

8.3. Anexo 3: Datos para los análisis estadísticos

Porcentaje de emergencia (%)				
T	I	II	III	IV
1	91	86	95	86
2	100	100	95	100
3	90	76	88	100
4	86	100	62	100
5	90	92	95	90
6	100	100	90	96

Longitud de la parte aérea por planta (cm)				
T	I	II	III	IV
1	53.50	46.50	56.00	50.00
2	51.00	51.00	54.00	47.00
3	53.50	54.00	53.27	54.00
4	52.00	47.00	51.00	54.50
5	52.00	49.50	50.00	50.00
6	47.50	51.00	52.50	48.00

Longitud de la parte radicular por planta (cm)				
T	I	II	III	IV
1	31.50	37.00	35.50	31.00
2	35.50	24.50	36.50	25.50
3	34.50	34.00	35.66	38.50
4	29.00	31.00	34.00	37.50
5	29.50	30.83	30.50	30.50
6	30.00	31.00	31.97	27.50

Número de nódulos por planta (uni)				
T	I	II	III	IV
1	10	6	13	9
2	10	13	11	10
3	12	10	11	12
4	13	13	8	9
5	11	4	8	10
6	9	8	12	8

Peso de la biomasa aérea (gr)				
T	I	II	III	IV
1	40.86	39.36	41.37	48.82
2	40.60	39.05	34.95	40.27
3	44.12	57.02	42.80	53.49
4	37.20	42.01	41.08	34.22
5	37.25	38.23	41.20	45.67
6	29.82	33.64	35.04	29.54

Peso de la biomasa radicular (gr)				
T	I	II	III	IV
1	4.94	5.95	5.60	6.54
2	4.57	4.49	5.30	4.56
3	5.86	7.08	5.91	6.38
4	6.21	5.77	5.45	5.29
5	5.89	4.29	5.08	5.54
6	3.83	5.82	5.49	5.37

Número de vainas por planta (uni)				
T	I	II	III	IV
1	15.33	15.83	22.50	15.33
2	18.50	20.67	20.17	15.67
3	19.42	26.00	19.44	16.50
4	22.33	18.83	19.02	18.19
5	18.67	18.76	16.17	16.83
6	16.17	20.17	20.50	17.27

Peso de granos por plantas (gr)				
T	I	II	III	IV
1	62.95	73.80	102.95	60.12
2	88.22	101.70	87.02	70.25
3	86.73	107.63	86.84	79.42
4	109.73	87.14	85.28	81.01
5	84.27	82.00	77.12	59.11
6	77.80	82.25	76.10	70.91

Anexo 3: Datos para los análisis estadísticos (continuación)

Peso de 100 granos (gr)				
T	I	II	III	IV
1	209.00	214.00	207.00	199.00
2	206.00	207.00	210.00	202.00
3	205.00	209.00	204.80	204.00
4	205.00	211.00	190.00	209.00
5	207.00	207.70	205.00	203.00
6	206.03	211.00	206.00	200.00

Porcentaje de grano sano (%)				
T	I	II	III	IV
1	61%	80%	74%	68%
2	73%	66%	70%	67%
3	76%	75%	68%	69%
4	72%	70%	71%	73%
5	66%	73%	68%	66%
6	64%	73%	69%	54%

Porcentaje de grano defectuoso (%)				
T	I	II	III	IV
1	39%	20%	26%	42%
2	27%	34%	30%	33%
3	24%	25%	32%	42%
4	28%	30%	54%	27%
5	34%	27%	32%	34%
6	36%	27%	31%	46%

Contenido de N en el grano (%)				
T	I	II	III	IV
1	3.09	2.52	2.36	2.74
2	2.78	2.40	2.72	2.93
3	2.94	2.52	2.86	3.10
4	3.13	2.35	3.50	2.74
5	3.26	2.87	2.96	2.70
6	2.59	2.49	2.78	3.18

Rendimiento por parcela (gr)				
T	I	II	III	IV
1	697.25	673.80	874.75	584.87
2	936.39	902.90	922.69	717.95
3	807.35	1136.31	829.16	745.09
4	1014.87	806.06	948.00	762.36
5	936.68	827.81	791.73	631.44
6	784.80	792.50	646.70	329.40

8.4. Anexo 4: Panel fotográfico



Figura 2.
Preparación y nivelado del terreno



Figura 3.
Surcado del terreno



Figura 4.
Riego de machaco

Anexo 4: Panel fotográfico (continuación)

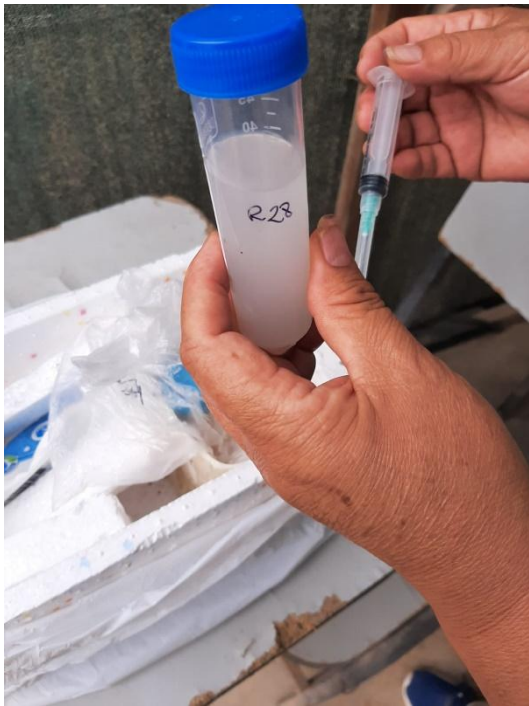


Figura 5.
Inoculación de las semillas con *Bradyrhizobium* sp.

Figura 6.
Inoculación de las semillas con *Bacillus* sp.



Figura 7.
Inoculación de las plántulas con micorrizas (*Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*, *Gigaspora margarita*) a los 15 DDS

Anexo 4: Panel fotográfico (continuación)



Figura 8.
Evaluación de emergencia

Figura 9.
Cosecha

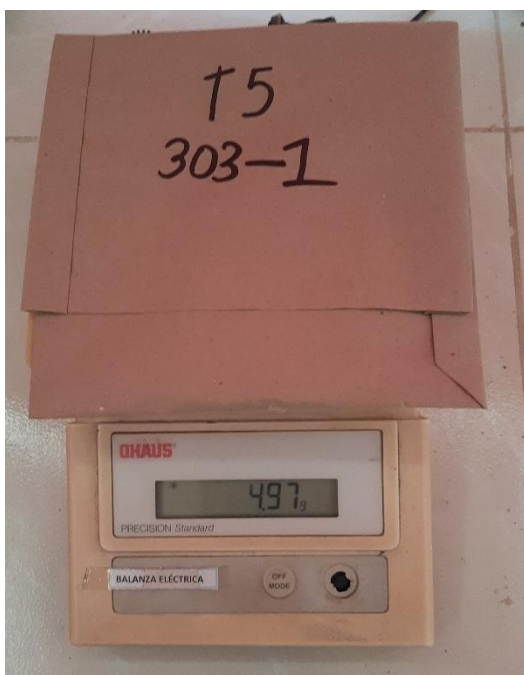


Figura 10.
Evaluación del peso de seco de biomasa
radicular