



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 APROBACIÓN DE TESIS N°024-2024


En la Unidad de Investigación de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, de la ciudad de Ica, se expide la presente Constancia de Revisión de Autenticidad de Trabajos de Tesis luego de cumplir con la evaluación mediante el SOFTWARE ANTIPLAGIO de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, según detalle:


ITEMS	DATOS
OPERADOR DE PROGRAMA INFORMÁTICO DE ITHENTICATE EVALUADOR DE ORIGINALIDAD	ROSA ISABEL ZEVALLOS TORRES
FECHA DEL ANÁLISIS	Ica, 01 de julio de 2024
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO POR:	MITMA ASTOCAZA BRYAN RUBEN
TRABAJO DE TESIS TITULADO:	"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE UNA LÍNEA DE PALLAR (PHASEOLUS LUNATUS L.) PRECOZ, EN EL VALLE DE ICA"
FACULTAD	AGRONOMÍA
TRAMITE	EVALUACIÓN DE SIMILITUD
RESULTADO	<b>APROBADO</b>
PORCENTAJE DE AUTENTICIDAD	98%
PORCENTAJE DE SIMILITUD	02%
OBSERVACIONES	<ul style="list-style-type: none"><li>Se analizó la TESIS mediante el programa informático iThenticate.</li><li>Se consideró la exclusión de cadenas sintácticas de <b>40 palabras</b>, 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.)</li></ul>


Asimismo en **REGLAMENTO DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"** Aprobado con Resolución Rectoral N°048-R-UNICA-2021 - el artículo N°32-**Procedimiento para la obtención del Título profesional** - inciso 14 que a la letra dice: **Si el resultado del sistema Antiplagio es favorable, los revisores le entregan al asesorado una constancia de aprobación** y remiten un informe al comité de investigación, quien lo deriva a la unidad de investigación para que elabore un oficio dirigido al decano informando sobre la aprobación de la tesis acompañando el informe y copia de la tesis.

Se expide la presente a solicitud del interesado para los fines que considere correspondientes que se encuentren tipificados dentro de la normatividad vigente.

  
Dr. RAUL RUPINO CAMPOS TIPIANI  
Presidente de jurado revisor

  
Mag. GUILLERMO ESPINO TIPISMANA  
Secretario de jurado revisor

  
Dra. LUZ MARINA ESPINOZA DE ARENAS  
Vocal de jurado revisor

  
Mag. PEDRO ANTONIO AQUIJE GÓMEZ  
Asesor(a)

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



Efecto de la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de una línea de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) precoz, en el valle de Ica

Línea de Investigación: Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles

INFORME FINAL DE TESIS

BRYAN RUBEN MITMA ASTOCAZA

Ica - Perú

2023

## **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme dado la fuerza y valor para culminar esta etapa en mi vida.

A mis padres por su apoyo y orientación en cada logro que alcanzo.

A mi hermano Kevin por su apoyo incondicional.

A mi abuela Alcira y a mi tía Elizabeth que desde el cielo me guían.

A mi familia por siempre estar apoyándome en cada paso que doy.

## **AGRADECIMIENTOS**

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

A la Facultad de Agronomía, y a todos los docentes por guiarme y orientarme con sus sabias enseñanzas impartidas durante mi formación profesional.

Al Ing. Agr. Mag. Pedro Antonio Aquije Gómez, mi Asesor, por su valioso apoyo, valiosos comentarios, sugerencias y estar siempre presente en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A la Ing. Agr. Ph. D. Luz Marina Espinoza de Arenas, por su exigencia, paciencia, disciplina, sus valiosas sugerencias y apoyo en la parte estadística, mostrándose siempre disponible y atenta desde el inicio hasta el final del desarrollo de este proyecto de tesis.

Al Ing. Agr. Mg. Sc. Guillermo Espino Tipismana, por su apoyo, sus consejos y recomendaciones brindadas durante el manejo del cultivo.

A mis amigos, por sus ánimos y apoyo que de forma directa o indirectamente contribuyeron en este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCION.....	1
1.1. Antecedentes de la investigación.....	2
1.1.1. Antecedentes a nivel internacional.....	2
1.1.2. Antecedentes a nivel nacional.....	3
1.1.3. Antecedentes a nivel local.....	5
1.2. Aspectos científicos vinculados a la investigación.....	6
1.2.1. Sobre el cultivo de pallar.....	6
1.2.2. Sobre rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR).....	8
1.2.3. <i>Bradyrhizobium</i> sp.....	11
1.2.4. <i>Bacillus</i> sp .....	12
1.2.5. Sobre enmiendas orgánicas .....	13
1.3. Planteamiento del problema.....	14
1.3.1. Situación problemática.....	14
1.3.2. Formulación del problema.....	15
1.4. Justificación e importancia de la investigación.....	15
1.4.1. Justificación.....	15
1.4.2. Importancia.....	16
1.5. Objetivos de la investigación.....	16
1.5.1. Objetivo general:.....	16
1.5.2. Objetivos específicos:.....	16
1.6. Hipótesis y variables de la investigación.....	16
1.6.1. Hipótesis.....	16
1.6.2. Variables.....	17
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	18
2.1. Tipo y nivel de la investigación.....	18
2.2. Población y muestra del estudio .....	18

2.3.	Materiales .....	18
2.3.1.	Ubicación del campo experimental .....	18
2.3.2.	Análisis de suelo.....	18
2.3.3.	Análisis de micronutrientes disponibles.....	20
2.3.4.	Observaciones meteorológicas.....	20
2.3.5.	Tratamientos .....	21
2.4.	Métodos.....	22
2.4.1.	Diseño experimental.....	22
2.4.2.	Características del campo experimental.....	22
2.4.3.	Metodología de aplicación de los tratamientos.....	24
2.4.4.	Conducción del experimento .....	24
2.4.5.	VARIABLES EVALUADAS .....	30
2.4.6.	Análisis estadísticos.....	32
III.	RESULTADOS.....	33
IV.	DISCUSIÓN .....	47
V.	CONCLUSIONES.....	54
VI.	RECOMENDACIONES .....	55
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
VIII.	ANEXOS.....	63
8.1.	Anexo 1: Análisis del suelo y micronutrientes.....	63
8.2.	Anexo 2: Contenido de nitrógeno en el grano.....	64
8.3.	Anexo 3: Datos meteorológicos. ....	66
8.4.	Anexo 4: Datos para análisis estadísticos.....	71
8.5.	Anexo 5: Panel fotográfico.....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Análisis físico – mecánico de suelo.....	19
<b>Tabla 2</b> Análisis químico del suelo.....	19
<b>Tabla 3</b> Análisis de micronutrientes disponibles.....	20
<b>Tabla 4</b> Observaciones meteorológicas de set-dic (2023) y ene (2024).....	20
<b>Tabla 5</b> Tratamientos en estudio.....	21
<b>Tabla 6</b> Cronograma de aporque .....	26
<b>Tabla 7</b> Cronograma de riegos .....	27
<b>Tabla 8</b> Cronograma de aplicaciones foliares .....	28
<b>Tabla 9</b> Cronograma del manejo fitosanitario.....	29
<b>Tabla 10</b> ANVA del porcentaje de emergencia en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica .....	33
<b>Tabla 11</b> Prueba de Rango Múltiple de Duncan del porcentaje de emergencia en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	33
<b>Tabla 12</b> Cuadros medios de los ANVA de la longitud de la parte aérea y radicular en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	34
<b>Tabla 13</b> Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte aérea y radicular en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	35
<b>Tabla 14</b> ANVA del número de nódulos por planta en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica .....	36
<b>Tabla 15</b> Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de nódulos por planta en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	36
<b>Tabla 16</b> Cuadros medios de los ANVA del peso seco de la biomasa aérea y radicular por planta en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica .....	37
<b>Tabla 17</b> Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la biomasa aérea y radicular por planta en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	38

<b>Tabla 18</b> ANVA del número de vainas por planta en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica .....	39
<b>Tabla 19</b> Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de vainas por plantas en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	39
<b>Tabla 20</b> ANVA del peso de 100 granos en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	40
<b>Tabla 21</b> Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de 100 granos en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	41
<b>Tabla 22</b> Cuadros medios de los ANVA del porcentaje de grano sano en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	41
<b>Tabla 23</b> Prueba de Rango Múltiple de Duncan del porcentaje de grano sano en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	42
<b>Tabla 24</b> ANVA del contenido de nitrógeno del grano en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	42
<b>Tabla 25</b> Prueba de Rango Múltiple de Duncan del contenido de nitrógeno en el grano en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	43
<b>Tabla 26</b> ANVA del rendimiento por planta (g/planta) en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	44
<b>Tabla 27</b> Prueba de Rango Múltiple de Duncan del rendimiento por planta (g/planta) en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	44
<b>Tabla 28</b> ANVA del rendimiento por parcela (g/parcela) en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el valle de Ica.....	45
<b>Tabla 29</b> Prueba de Rango Múltiple de Duncan del rendimiento por parcela (g/parcela) en la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la Línea PPD 118-2013 en el Valle de Ica.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Distribución de los tratamientos en el croquis experimental.....	23
<b>Figura 2</b> Inoculación de semillas.....	73
<b>Figura 3</b> Impregnación de rizobacterias.....	73
<b>Figura 4</b> Siembra.....	73
<b>Figura 5</b> Emergencia de plantas.....	73
<b>Figura 6</b> Colocación de trampas de melaza.....	73
<b>Figura 7</b> Aplicaciones foliares.....	73
<b>Figura 8</b> Aplicación de la enmienda orgánica Bioamino-L.....	73
<b>Figura 9</b> Extracción de plantas para evaluación de nódulos.....	74
<b>Figura 10</b> Extracción de plantas para evaluación de la parte aérea.....	74
<b>Figura 11</b> Llenado de vainas.....	74
<b>Figura 12</b> Maduración de vainas.....	74
<b>Figura 13</b> Recolección de vainas para evaluación.....	74
<b>Figura 14</b> Evaluación de numero de vainas.....	75
<b>Figura 15</b> Grano de pallar PPD 118-2013.....	75
<b>Figura 16</b> Evaluación del rendimiento.....	75

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de la línea PPD 118-2013 de pallar precoz, se planificó la presente investigación en el vivero de la Facultad de Agronomía, en la zona media del valle de Ica, bajo las condiciones edafoclimáticas de la temporada primavera – verano, en siembra de setiembre, probando seis tratamientos: T1= *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp, T2= (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) + Bioamino-L, T3= (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) + Bioamino-L + 20-20-20 NPK, T4= Bioamino-L, T5= Testigo NPK y T6= Testigo absoluto, en el Diseño en Bloques Completamente al Azar, con cuatro repeticiones. Los datos fueron procesados mediante el Análisis de varianza, utilizando el software estadístico *Infostat* y las medias se compararon mediante la prueba de Duncan (0.05). La cosecha se realizó en el mes de enero, 115 días después de la siembra. Los resultados obtenidos indican que los tratamientos inoculados con las rizobacterias tuvieron un buen efecto en la mayoría de las variables evaluadas, destacando el T2, con los mayores promedios en el número de nódulos por planta, el peso seco de la biomasa aérea, el peso seco de la biomasa radicular, el número de vainas por planta, el peso de 100 granos y el rendimiento por planta. Los tratamientos T2, T3 y T1 destacaron con rendimientos de grano entre 3.5 y 3.2 ton/ha y todos los tratamientos superaron en el contenido de Nitrógeno en el grano al testigo absoluto.

**Palabras clave:** *Phaseolus lunatus* – rizobacterias –enmienda orgánica – inoculación

## ABSTRACT

In order to evaluate the effect of the application of rhizobacteria and an organic amendment on the yield and grain quality of the PPD 118-2013 line of early Lima bean, this research was planned in the nursery of the Faculty of Agronomy, in the middle zone of the Ica valley, under the edaphoclimatic conditions of the spring-summer season, in September sowing, testing six treatments: T1= *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp, T2= (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) + Bioamino-L, T3= (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) + Bioamino-L + 20-20-20 NPK, T4= Bioamino-L, T5 = NPK Control and T6 = Absolute Control, in the Completely Randomized Block Design, with four repetitions. The data were processed through Analysis of variance, using the *Infostat* statistical software and the means were compared using the Duncan test (0.05). The harvest was carried out in the month of January, 115 days after sowing. The results obtained indicate that the treatments inoculated with rhizobacteria had a good effect on most of the variables evaluated, highlighting T2, with the highest averages in the number of nodules per plant, the dry weight of the aerial biomass, the dry weight of root biomass, the number of pods per plant, the weight of 100 grains and the yield per plant. Treatments T2, T3 and T1 stood out with grain yields between 3.5 and 3.2 tons/ha and all treatments exceeded the absolute control in grain Nitrogen content.

**Keywords:** *Phaseolus lunatus* – rhizobacteria – organic amendment – inoculation

## I. INTRODUCCION

La región Ica, con sus valles y condiciones agroecológicas favorables, es un lugar ideal para el cultivo de diversas variedades de pallar, ya sea de crecimiento indeterminado postrado, semi postrado o determinado. El cultivo de pallar representa una opción económica atractiva para los productores agrícolas, especialmente ahora que pueden vender sus granos a precios más altos debido a su alto contenido de proteína vegetal. No obstante, los rendimientos aún son bajos, no superando los 2,000 kg en promedio, lo cual se atribuye a un manejo inadecuado del suelo, agua, nutrientes, plagas y enfermedades [1].

Además, el Perú presenta un gran potencial genético en este cultivo pues este país es uno de sus centros de origen [2]. El pallar de Ica es reconocido por ser un producto de cascara delgada, de fácil y rápida cocción y es preferido por su sabor agradable y dulce, de textura suave y cremosa al ser cocido [3]. Así como también por su alto valor nutricional el cual contiene 20.4 g/100g de proteínas, 42.4 g/100g de carbohidratos disponibles, 19 g/100g de fibra dietaría, 5.4 g/100g de cenizas, calcio 70 mg /100 g, fosforo 318 mg/100g, zinc 2.83 mg/100 g, Hierro 6.7 mg/100g, vitamina C 7.5 mg/100 g, sodio 55 mg/100 g y 576mg/100 g de potasio [4].

Por otro lado, cada día existen más evidencias de que la aplicación continua de fertilizantes nitrogenados puede provocar impactos negativos en los agro ecosistemas, como lixiviación de nitratos, contaminación de recursos hídricos, y emisiones gaseosas, causando daños irreparables al ambiente [5].

Entonces es crucial que los agricultores de las zonas productoras de pallar en la región de Ica comprendan la creciente importancia del concepto de agricultura sustentable. En este contexto, el empleo de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal como biofertilizantes son una opción sustentable para favorecer la disponibilidad de los elementos nutritivos, el crecimiento de las plantas y los rendimientos [5].

Esta es la razón por la que se está llevando a cabo la presente investigación, para analizar los efectos que estos microorganismos y enmiendas puedan tener en la productividad del cultivo de pallar promoviendo una agricultura más sostenible y respetuosa con el ambiente.

## 1.1. Antecedentes de la investigación.

### 1.1.1. Antecedentes a nivel internacional

En una finca en el Distrito de Piribebuy, Paraguay, [6], mencionan que realizaron experimentos, para evaluar el efecto de la inoculación de un producto biológico en el rendimiento, número de nódulos y longitud de vainas en plantas de *Phaseolus vulgaris* L., con cinco tratamientos en el diseño experimental en bloques completos al azar: inoculante sin fertilizante químico (T1), inoculante más fertilizante químico NPK 5-20-20 (T2), inoculante más fertilizante químico NPK 00-20-20 (T3), fertilización química NPK 5-20-20 sin inoculante (T4) y testigo absoluto (T5). Informan que los mejores resultados de rendimiento, número de nódulos y longitud de vainas se obtuvieron con el tratamiento que combinó el inoculante y el fertilizante químico con NPK 0-20-20.

Con la investigación realizada por [7], en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Sancti Spiritus, Cuba, se demostró el efecto de las cepas de *Bradyrhizobium* y micorrizas vesículo arbusculares en la producción de semillas *Pueraria phaseoloides* (kudzú); probando cinco tratamientos en el diseño de bloques al azar: *Bradyrhizobium*, micorrizas vesículo-arbusculares, *Bradyrhizobium* + micorrizas vesículo-arbusculares y un control con nitrógeno (25 kg/ha). Como resultados, reportan que la inoculación con *Bradyrhizobium* más micorrizas vesículo-arbusculares tuvo un efecto positivo en la producción de semillas de buena calidad (633 y 682 kg/ha en el primer y segundo año, respectivamente), superando al tratamiento control. El porcentaje de germinación fue notable (84%) en el caso de la coinoculación.

En un estudio en el municipio Puerto Padre, Las Tunas, Cuba, [8], estudiaron la efectividad de tres cepas de *Bradyrhizobium* en el desarrollo morfoagronómico de *Glycine max* L. (Soja), en un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos (testigo absoluto, fertilización con NPK y las cepas de *Bradyrhizobium*: ICA 8001, USDA 110 y GIE 109) y cuatro repeticiones, evaluando diferentes variables. Señalan que los resultados obtenidos indican que la aplicación de cepas de *Bradyrhizobium* influyó positivamente en las variables morfoagronómicas del cultivo de Soja. Reportan que el menor número de vainas por planta se obtuvo en el control absoluto, sin diferir del tratamiento con NPK; mientras que el mayor rendimiento de granos se obtuvo en las plantas inoculadas, con 1,06 y 1,23 t. ha<sup>-1</sup>.

En un estudio realizado en ambiente húmedo y ambiente con déficit hídrico por [9], para evaluar el efecto de la coinoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* en comparación con la inoculación simple con *Bradyrhizobium japonicum*

en el cultivo de soja, con 4 repeticiones de material vegetal para su evaluación. Como resultado refieren que la coinoculación presentó una nodulación superior, aunque con diferencias significativas en el experimento con déficit hídrico. Además, los rendimientos fueron superiores en la coinoculación, la acumulación de biomasa aérea y N fue mayor en el año húmedo; en cuanto al porcentaje de N derivado de la fijación biológica, se observó que en el año seco fue mayor en la coinoculación que en la inoculación simple, mientras que en el año húmedo ambos presentaron valores similares.

En un lote de producción en la zona de Río Cuarto, Argentina [10] afirman que aplicaron la enmienda orgánica (Bioamino-L) con el objetivo de evaluar su efecto sobre la actividad microbiana de la rizosfera, el rendimiento y la calidad comercial del maní (*Arachis hypogaea*). Compararon el efecto de dos tratamientos: Control y Bioamino-L (300 cc por 100 kg de semilla), con el inoculante (*Bradyrhizobium* sp.) en ambos casos a la semilla, en el diseño completamente aleatorizado (DCA) con 6 repeticiones. Como resultados, reportan que la emergencia y la biomasa del cultivo no se vieron modificadas por los tratamientos aplicados en la siembra, también observaron que la longitud de la raíz principal y el número de raíces secundarias fueron mayores con Bioamino-L a los 43 días de la siembra. Además, el testigo tuvo el menor número de raíces secundarias registrado.

### **1.1.2. Antecedentes a nivel nacional**

En la localidad de Paltash, distrito de Marcará, Carhuaz, Ancash, [11], llevaron a cabo una investigación con el propósito de evaluar los efectos de la aplicación del biofertilizante y biocontrolador a través de las bioinoculaciones de *Bradyrhizobium* y *Bacillus* spp, en el cultivo de tarwi, en un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro bloques, evaluaron tres tratamientos: bioinoculantes *Bradyrhizobium* + *Bacillus*, un tratamiento químico, y un testigo (sin bioinoculantes ni químicos). Como resultado, refieren que las plantas bioinoculadas presentaron las mejores características de nódulos; además, la bioinoculación redujo el grado de severidad de la antracnosis en todas las etapas fenológicas evaluadas, lo que se reflejó en un mayor rendimiento y contenido de nutrientes. Concluyen que la co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Bacillus* spp. tiene un efecto positivo sobre el desarrollo y la calidad del cultivo de tarwi.

Con el objetivo de evaluar el efecto de la co-inoculación con bacterias de *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en el rendimiento, calidad y rentabilidad de cuatro ecotipos de tarwi [12], realizaron una investigación en Llachoccmayo, distrito de

Chiara, Huamanga, Ayacucho, probando 16 tratamientos o combinaciones de cuatro ecotipos de tarwi con cuatro aplicaciones con inoculantes (inoculación con *Bradyrhizobium*, co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). en diseño de parcelas divididas conducido en el Diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones. Como resultados encontraron que el mayor rendimiento de grano seco de tarwi se obtuvo con la interacción del ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* y la interacción ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* con 2,254.01 y 2,216.71 kg. ha<sup>-1</sup> de grano seco, respectivamente. Superando significativamente al testigo con fertilización nitrogenada y el testigo absoluto que obtuvieron 1,524.26 y 1,361.17 kg. ha<sup>-1</sup> de grano seco, respectivamente.

En el laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología de la Universidad Nacional Agraria La Molina [13] reportan que se comparó la infectividad y efectividad de cepas de *Rhizobium* sp. PLC111, PLC213, PLB112b y PLA142a y *Bradyrhizobium* sp. PLL113 y PLB211b, en donde señalan que encontraron muy buenas respuestas en dos variedades de pallar, Criollo Iqueño e Ica 450. Como resultados, se observó que los tratamientos realizados en el invernadero presentaron una mejora significativamente mejor que en el peso seco de la parte aérea (PSPA) en comparación con los de control. Con respecto a la formación de nódulos, los investigadores encontraron que las cepas PLL113 de *Bradyrhizobium* y PLC213 de *Rhizobium* tuvieron un mejor comportamiento en el laboratorio y en el invernadero en comparación con las otras cepas.

En el laboratorio de Rhizobiología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga en Huamanga, Ayacucho [14] se evaluó el efecto de la coinoculación de *Rhizobium* y *Bacillus* en el crecimiento y la nodulación de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y arveja (*Pisum sativum*), en invernadero, con cinco tratamientos: T1= Coinoculación *Rhizobium* + *Bacillus*, T2= Inoculación *Rhizobium*, T3= Inoculación *Bacillus*, T4= Fertilización química, T5= Control, en un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. Como resultado, reporta que la coinoculación *Rhizobium* + *Bacillus* incrementó el peso de la materia seca de la parte aérea en frijol, pero no en arveja; no se observó un aumento en el desarrollo del sistema radicular en ninguna de las dos plantas; la nodulación en plantas de frijol y arveja coinoculadas con *Rhizobium* + *Bacillus* fue similar al tratamiento solo con *Rhizobium*.

### 1.1.3. Antecedentes a nivel local

Con el objetivo de evaluar el impacto de diferentes productos biotecnológicos en el rendimiento de dos líneas promisorias de pallar en Guadalupe – Ica, [15]. Aplicaron 14 tratamientos en un diseño en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones; evaluaron diversos productos biotecnológicos a base de consorcios de microorganismos: sistema RHIZOTEC-A, sistema RHIZOTEC-B, cepas seleccionadas de *Bacillus* sp. y de *Bradyrhizobium yuanmingense* (LMTR 28). Los resultados obtenidos sugieren que los consorcios microbianos RHIZOTEC-A y RHIZOTEC-B tuvieron un efecto positivo en las variables evaluadas, sobre todo cuando se combinaron con cepas específicas de *B. yuanmingense* y *Bacillus* sp. + *B. yuanmingense*; así mismo en el peso seco tanto en la parte aérea como en la radicular, y en el número de nódulos por planta, los productos biotecnológicos mostraron los promedios más altos superando los controles fertilizados de ambas líneas de pallar.

Con la finalidad de evaluar la respuesta de la variedad de pallar "Sol de Ica" a la inoculación con cepas seleccionadas de *Rhizobium* sp y la aplicación de biol en el Valle de Ica, [16], realizaron un estudio en un diseño de bloques completos al azar, con 12 tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos se formaron de combinar cuatro cepas LMTR 56004, LMTR 56009, LMTR 56026 y LMTR 56030, Testigo N+ y testigo N-; tanto con y sin la aplicación de Biol. Los resultados que obtuvieron indicaron que la inoculación con cepas seleccionadas de *Rhizobium* sp. y *Bradyrhizobium* sp., mejoró significativamente el rendimiento y las demás variables evaluadas, en comparación con los tratamientos que no fueron inoculados y tampoco hubo problemas de compatibilidad entre los inoculantes y el abono orgánico líquido.

Con el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación con bacterias promotoras de crecimiento (PGPR) sobre el desarrollo y rendimiento de plantas de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en condiciones de casa de malla del fundo Arrabales, utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA), [17], probaron siete tratamientos con cepas: *Bradyrhizobium*, *Bacillus* y *Azotobacter*, solos y combinados; Testigo +N y Testigo -N, aplicados en pallar precoz "sol de Ica", con 4 repeticiones por tratamiento; evaluando variables morfológicas y productivas a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra. Los resultados datos obtenidos mostraron que la inoculación con *Bradyrhizobium*, solo o en combinación con *Azotobacter* o *Bacillus* demostraron tener buenos resultados en el crecimiento y la producción de pallar en comparación con los testigos.

Con el objetivo de evaluar 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 PPD 118-2013, en Subtanjalla, Ica, [18], planificó su investigación probando 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 que obtuvo 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. No hubo diferencia significativa en el contenido de Nitrógeno en el grano entre todos los tratamientos evaluados.

## **1.2. Aspectos científicos vinculados a la investigación**

### **1.2.1. Sobre el cultivo de pallar**

Según [3], el pallar (*P. lunatus* L.) es una leguminosa de grano que ha sido domesticada desde la época prehispánica. Esta especie ha encontrado condiciones agroecológicas excepcionales en los valles costeros de Perú, particularmente en la región de Ica, lo que ha permitido su conservación a lo largo de las generaciones. El pallar destaca por sus cualidades culinarias tanto en consumo de su grano tierno inmaduro como en grano seco. Las características mencionadas, junto con los estudios genéticos, morfológicos y arqueológicos, y su adaptación a las condiciones particulares de suelo y clima (latitud, longitud y altitud), han sido argumentos convincentes para que el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) le otorgue la Denominación de Origen ‘Pallar de Ica’.

El pallar ha estado presente en la cueva Guitarrero, Ancash desde el 8000 al 7500 a.C. y en la costa peruana desde el 5800 a.C. En cuanto a la diversidad genética, [20] indica que Perú es uno de los principales centros mundiales de origen de la agricultura y la ganadería, y, por ende, uno de los centros más importantes de recursos genéticos de plantas y animales. Se mencionan 182 especies de plantas nativas domesticadas con cientos y hasta miles de variedades, así como las formas silvestres de estas plantas. Entre las especies mencionadas se encuentran el algodón, la papa, el tomate, el pallar, el ají, el frijol, el zapallo, la yuca, entre otras especies [19].

Según el estudio exhaustivo llevado a cabo por [21], que abarcó desde México hasta Argentina, en el cual se centró en la distribución geográfica de las formas y especies

silvestres de *Phaseolus*. Identificó tres regiones principales de diversidad para este género:

Un centro mesoamericano, que es la más rica en especies, se extiende desde el sureste de los Estados Unidos hasta el oeste de Panamá.

Un centro norandino, que abarca desde el oeste de Venezuela hasta el norte de Perú.

Un centro subandino, que se extiende desde el norte de Perú hasta Argentina.

Estas regiones representan los principales centros de diversidad para *Phaseolus*.

Según [22], sobre la biodiversidad genética de las leguminosas, informa que el género *Phaseolus*, tiene como centro de origen y domesticación América latina y el Perú destaca como el primer país que tiene el mayor número de ecosistemas en el mundo. Además, de acuerdo a las últimas evidencias encontradas, se refiere a los Andes como el centro de origen de *Phaseolus lunatus*; por lo que sería conveniente investigar más sobre sus parientes silvestres más cercanos.

Como señala [23], se proporciona una descripción detallada de los periodos de siembra para las diferentes variedades de pallar en el valle de Ica. En general, la siembra se realiza de febrero a abril, pero cada variedad tiene sus propias características únicas, según lo que se detalla a continuación:

Pallar “Criollo”.	(>240 días): Enero – Marzo.
Pallar “Semi – precoz”.	(185 días): Febrero – Marzo.
Pallar “Precoz – erecto”.	(125 días): Febrero – Abril (grano seco). Setiembre – octubre (verde).

Lo que se explica por qué la variedad “Criollo”, tiene un periodo vegetativo más largo y que su siembra en enero permite aprovechar las aguas de avenida y garantizar un crecimiento más rápido en la primera etapa del cultivo debido a las altas temperatura

Las variedades semi – precoces, tipo “Generoso de Ica”, tiene como periodo óptimo de siembra, el mes de febrero.

Las variedades “Precoz – erectas”, tipo “Sol de Ica”, tiene como periodo vegetativo óptimo de siembra marzo para grano seco.

Según un estudio llevado a cabo por [24], el pallar es una planta que se desarrolla óptimamente en climas templados, requiriendo condiciones específicas como una temperatura moderada, alta humedad relativa y abundante luz solar. Estas condiciones se encuentran en los valles de la costa central, especialmente en el valle de Ica. Durante la temporada de siembra principal (febrero a mayo), la temperatura media mensual en

el valle de Ica oscila entre 19,7 y 25,4 °C, la humedad relativa promedio mensual varía del 71 al 76 %, y las horas de sol promedio mensual están entre 6,2 y 8 horas. En la fase de crecimiento, floración y fructificación de la planta (de junio a agosto), la temperatura media mensual varía de 16,2 a 17,7 °C, la humedad relativa mensual es del 75 al 76 %, y las horas de sol están entre 6,3 y 7 horas. Durante la temporada de maduración y cosecha (de octubre a diciembre), la temperatura media mensual varía entre 20 y 22 °C, la humedad relativa mensual es del 65 al 69 %, y las horas de sol están entre 7,7 y 8,3.

De acuerdo con [25], el pallar (*Phaseolus lunatus* L.), es una leguminosa nativa que ha sido parte de la dieta en la costa peruana desde tiempos ancestrales, juega un papel crucial debido a su alto contenido proteico que beneficia tanto a humanos como a animales. A pesar de su diversidad en distintas zonas ecológicas, aún queda mucho por descubrir y evaluar sobre esta especie. Su cultivo es altamente valorado por su contribución a la mejora del suelo en un plan de rotación, gracias a su aporte de materia orgánica y su simbiosis con rizobios que le permiten obtener nitrógeno de manera biológica, favoreciendo la salud del suelo. En particular, el tipo “big lima” (grano grande) es un producto emblemático para el Perú, especialmente para la región de Ica, situada en la costa centro-sur del país. Señala que este producto tiene denominación de origen debido a sus características únicas y al área que ocupa en los valles productores. Sin embargo, se enfrenta a desafíos debido al cambio climático, como el aumento de la temperatura, la disminución de las cosechas, el aumento de plagas y enfermedades y el alto costo de producción. Esto provoca inestabilidad en los precios y una disminución consecuente de las áreas sembradas.

Según lo señalado por [26], en el Continente Americano, Perú se destaca como el principal productor de frijol lima, también conocido como pallar, con una siembra anual que abarca 7,000 hectáreas y una cosecha que alcanza las 11,000 toneladas anuales. Este cultivo se realiza mayormente en la costa peruana, en el departamento de Ica, donde se produce una variedad de pallar blanco grande de exportación. Dicha variedad ha obtenido la denominación de origen en el departamento de Ica debido a su gran tamaño, excelente calidad y demanda en el mercado internacional.

### **1.2.2. Sobre rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)**

Las rizobacterias, que residen en la rizosfera (el área del suelo unida a la raíz y que se extiende a pocos milímetros de la superficie del sistema radicular), desempeñan un papel crucial. En esta zona, se produce una interacción única y dinámica de los procesos biogeoquímicos entre las raíces de las plantas y los microorganismos del suelo, influenciada significativamente por los exudados radiculares, como señala [27].

Además, la rizosfera alberga una abundancia de microorganismos que, en general, estimulan el crecimiento vegetal y reducen la incidencia de enfermedades, según la investigación de [28]. A este grupo bacteriano también se le conoce como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), siglas en inglés de “Plant Growth Promoting Rhizobacteria” [29].

De acuerdo con la investigación de [30], refieren que dentro del grupo de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, existen dos categorías: las PGPR extracelular (PGPRE) y las PGPR intracelular (PGPRI). Las PGPR extracelulares incluyen géneros como *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Erwinia*, *Serratia*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Agrobacterium* y *Chromobacterium*. Por otro lado, las PGPR intracelulares destacan por bacterias de los géneros *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium*, *Mesorhizobium* y *Allorhizobium*. Estas rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal pueden aplicarse como biofertilizantes en una variedad de cultivos, tanto leguminosas como no leguminosas.

Según lo señalado por [31], los biofertilizantes o abonos biológicos se basan en microorganismos que favorecen la nutrición y el crecimiento de las plantas. Estos microorganismos, que suelen ser hongos y bacterias presentes en el suelo, establecen una asociación natural con las raíces de las plantas. Su acción puede mejorar directa o indirectamente la disponibilidad de nutrientes esenciales como el nitrógeno, el fósforo y el agua. Además, estos microorganismos producen sustancias conocidas como fitohormonas promotoras del crecimiento vegetal

Según [32], sobre la acción de las rizobacterias, se han identificado dos tipos principales de mecanismos, los cuales son:

Mecanismos indirectos: los metabolitos producidos por las PGPR pueden funcionar como determinantes antagónicos. Además, están involucrados en el control biológico, la supresión o inhibición del crecimiento de microorganismos perjudiciales para el desarrollo de la planta vía producción de sideróforos, antibióticos, acción de enzimas líticas, glucanasas, quitinasas.

Mecanismos directos: En este caso, algunas cepas de rizobacterias producen metabolitos específicos que actúan como reguladores de crecimiento o precursores de estos por parte de la planta.

La combinación de estos dos mecanismos de acción ha resultado en una notable mejora en el crecimiento de las plantas. Se ha observado un incremento en la emergencia, así como en el vigor y peso de las plántulas. Además, se ha evidenciado un mayor desarrollo

en los sistemas radicales y un aumento de hasta el 30% en la producción de cultivos de interés comercial, como la papa, los rábanos, el jitomate, el trigo y la soya [33].

Como plantea [34], el uso de microorganismos biofertilizantes representa una estrategia fundamental para mitigar la escasez de fertilizantes minerales. Además de reducir los costos de producción agrícola, la fijación biológica proporciona hasta el 50% del nitrógeno necesario para las plantas. Estos microorganismos también ayudan a mantener al equilibrio biológico al no causar daños al suelo, la salud o el medio ambiente en general.

En el contexto actual, donde se busca la transición de la Agricultura Moderna a la Agricultura Orgánica, esta práctica es de suma importancia para garantizar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas desde el punto de vista productivo, ecológico, económico y social, como menciona [35]

En respuesta a los desafíos relacionados con la disminución de nutrientes en el suelo, la contaminación debido al exceso de fertilización y la necesidad de reducir la demanda de fertilizantes químicos en la producción de alimentos, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) propone una solución alternativa. De acuerdo con la [36], esta solución implica el 'uso de microorganismos en el ciclaje de los nutrientes'. Esta estrategia está enmarcada dentro del principio de 'Construir una visión común para la alimentación y la agricultura sostenible.

En el contexto de la agricultura sostenible, es fundamental adoptar prácticas agrícolas que mantengan el rendimiento de los cultivos y preserven los agroecosistemas. Una estrategia para lograr esta sostenibilidad es el uso de microorganismos del suelo, como señala [37], las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR). Estas bacterias colonizan activamente la rizósfera y ejercen un efecto beneficioso en el desarrollo de las plantas. Las PGPR pueden influir en el crecimiento vegetal mediante mecanismos directos, como la fijación de nitrógeno y la solubilización de minerales, así como a través de mecanismos indirectos, como la producción de metabolitos antifúngicos, sideróforos, actividad lítica, inducción de resistencia sistémica, competencia y desplazamiento.

Las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR) deben cumplir tres características fundamentales: primero, según [38], deben ser capaces de colonizar la raíz y su zona de influencia. Segundo, deben sobrevivir y multiplicarse en los microhábitats asociados a la superficie de la raíz, compitiendo con el microbiota natural durante el tiempo necesario para ejercer de forma efectiva su actividad promotora del crecimiento. Tercero, estimular el crecimiento vegetal

Por un lado, de acuerdo con la investigación realizada por [39], participan en el control biológico de patógenos mediante efectos antagonistas o la inducción de resistencia sistémica. Por otro lado, contribuyen al aumento de la disponibilidad de elementos minerales, como la solubilización de fosfatos y la fijación de nitrógeno. Además, promueven la fitoestimulación del crecimiento vegetal al favorecer la emergencia y el enraizamiento.

En el estudio realizado por [40], se señala que, durante el proceso de establecimiento de relaciones con las rizobacterias, las plantas dedican hasta el 20% de las fuentes de carbono obtenidas durante la fotosíntesis. A cambio, experimentan mejoras en la arquitectura de la raíz, la absorción de nutrientes y la estimulación del sistema inmune de la planta, llevados a cabo por las PGPR. Un ejemplo bien conocido de estos beneficios se encuentra en la bacteria *Rhizobium*

### 1.2.3. *Bradyrhizobium* sp

*Bradyrhizobium* son bacilos Gram negativos que tienen dimensiones de 0,5 a 0,9  $\mu\text{m}$  y 1,2 a 3,0  $\mu\text{m}$ . Estos microorganismos son aeróbicos y no forman esporas. Se desplazan mediante un flagelo polar o subpolar. Su crecimiento es lento en medio de cultivo manitol-extracto de levadura, y requieren entre 5 y 7 días para formar colonias. Estas colonias son circulares, con colores que varían entre blanco, beige o ligeramente rosado. Además, presentan una textura granulosa y no superan los 1 mm de diámetro. La temperatura óptima para su crecimiento es de 25-30 °C. Generan una reacción alcalina y no producen 3-cetolactasa, según lo mencionado por [41]. Dentro de este género, se han descrito cuatro especies: *B. japonicum*, *B. elkanii*, *B. liaoningense* y *B. yuanmingense* L [42].

Tal y como señalan [43], *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* son ampliamente reconocidos como microorganismos simbióticos que se asocian con leguminosas, formando nódulos que fijan el nitrógeno. Sin embargo, estas bacterias también comparten muchas características con las PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria, por sus siglas en inglés) o Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal. Los rizobios tienen la capacidad de producir fitohormonas, sideróforos, HCN, solubilizar fosfatos inorgánicos y orgánicos, y colonizar las raíces de muchas plantas no leguminosas incluso en condiciones in vitro.

Como menciona [44], los microorganismos capaces de fijar nitrógeno o diazotrofos son exclusivamente procariontes distribuidos en los dominios Archaea y Bacteria. Estos microorganismos presentan diversos estilos de vida y metabolismos, incluyendo formas aerobias, anaerobias, heterótrofas, autótrofas, y de vida libre como en simbiosis.

Hasta 1984, los rizobios se clasificaban en una familia, dos géneros y seis especies. Sin embargo, con los avances en las técnicas de biología molecular, se produjo una revolución taxonómica. En la actualidad, se reconocen cuatro familias (Bradyrhizobiaceae, Hyphomicrobiaceae, Phyllobacteriaceae, Rhizobiaceae), seis géneros (*Rhizobium*, *Mezorhizobium*, *Azorhizobium*, *Allorhizobium*, *Sinorhizobium* y *Bradyrhizobium*), y más de 30 especies [45].

Como afirma [46], *Bradyrhizobium* sp y *Rhizobium* sp, son bacterias presentes en leguminosas, se encargan de fijar el nitrógeno atmosférico, el objetivo principal de estas bacterias es la de transformar el nitrógeno atmosférico en nitrógeno apto para la planta llegando a producir nodulaciones en las raíces mientras que, las plantas protegen y alimentan al microorganismo.

#### **1.2.4. *Bacillus* sp**

Después del nitrógeno (N), el fósforo (P) es el segundo nutriente inorgánico esencial para todas las formas de vida. Constituye un componente fundamental en moléculas como el ARN, ADN y ATP, así como en los fosfolípidos, según [47]. Las plantas absorben el fósforo disponible en forma de  $H_2PO_4^-$  en suelos ácidos y como  $HPO_4^{2-}$  en suelos alcalinos. Sin embargo, en el suelo, el fósforo disponible puede convertirse fácilmente en complejos insolubles, como los fosfatos de Fe, Al o Mn en suelos ácidos, y los fosfatos de Ca o Mg en suelos alcalinos de acuerdo con [48]. Por esta razón, el fósforo es uno de los elementos que con mayor frecuencia resulta limitante su disponibilidad en los suelos. Los microorganismos desempeñan un papel crucial en los procesos que afectan la transformación del fósforo en el suelo y son componentes integrales del ciclo del fósforo. Estos microorganismos participan en la solubilización de los fosfatos inorgánicos y en la mineralización de los fosfatos orgánicos, así como en su inmovilización [49].

Según [50], refieren que los microorganismos solubilizadores de fósforo representan aproximadamente el 40% de la población bacteriana en el suelo, y una parte considerable de ellos se encuentra en la rizosfera. Entre los géneros que destacan, se encuentran las especies pertenecientes al género *Bacillus*, las cuales desempeñan un papel fundamental en la promoción del crecimiento vegetal, como lo han señalado [51]. En particular, *Bacillus subtilis* destaca por su capacidad para producir diversos metabolitos, como auxinas, sideróforos, citoquinas, ácidos orgánicos y antibióticos [52].

Además, según [53], estos microorganismos se caracterizan por ser bacterias Gram positivas, con forma bacilar. Son aerobias estrictas o anaerobias facultativas. En condiciones estresantes, forman una endospora central, que deforma la estructura de la

célula. Esta forma esporulada es resistente a altas temperaturas y a los desinfectantes químicos comunes. Además, estas bacterias pueden generar un efecto beneficioso en el crecimiento de las plantas a través de diversos mecanismos. Entre estos se incluyen la producción de sustancias antibióticas, la producción de lipopéptidos que actúan como biosurfactantes, la solubilización de fosfatos y la reducción de enfermedades en las plantas.

Por otro lado [54] sostiene que muchos microorganismos del suelo tienen la capacidad de transformar el fósforo insoluble en formas asimilables para las plantas, lo que contribuye a su disponibilidad en el suelo. Entre estos, destacan las bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSF), que representan una excelente alternativa para reducir la cantidad de fertilizantes aplicados en diversos cultivos

Según indica [55], existen 13 géneros de bacterias con la capacidad de solubilizar fosfato, entre ellos: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Aerobacter*, *Flavobacterium*, *Mesorhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Erwinia*.

De acuerdo con [56], estas bacterias son organismos capaces de sobrevivir y proliferar en entornos de alta temperatura. Además, son especialmente resistentes en comparación con otros microorganismos, lo que les permite enfrentar condiciones ambientales desfavorables como altas temperaturas, desecación, pH extremos y al contacto con plaguicidas y fertilizantes. Por esta razón, algunos autores han señalado que, entre los productos formulados con especies de PGPR, aquellos que contienen *Bacillus* spp. Ganan al momento de la comercialización.

### **1.2.5. Sobre enmiendas orgánicas**

Como señala [57], la práctica de utilizar enmiendas orgánicas en el suelo representa una alternativa sostenible a los fertilizantes inorgánicos. La adición de materia es una práctica sostenible y una alternativa beneficiosa para mejorar la calidad nutricional y conservar la humedad del suelo. Aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo tiene efectos que mejoran la disponibilidad de nutrientes, la infiltración de la lluvia y la reducción de la erosión hídrica. La principal ventaja de esta práctica es que la frecuencia de riego puede ser reducida, disminuyendo los impactos negativos de la aplicación intensiva de agroquímicos, no obstante, el uso de enmiendas orgánicas está asociado con altos costos de mano de obra.

Según lo indicado por [58], las enmiendas orgánicas son el producto de la fermentación anaerobia de restos de origen animal o vegetal que contienen nitrógeno, hormonas,

vitaminas, aminoácidos y microorganismos benéficos que influyen directa e indirectamente sobre las plantas.

Además, se ha demostrado que estas enmiendas pueden activar o estimular en las poblaciones microbianas del suelo rutas metabólicas para la producción de fitohormonas promotoras del crecimiento vegetal, como las auxinas, que juegan un rol importante frente al estímulo de la luz, estrés biótico y abiótico [59], y juegan un rol importante en la producción de proteínas, aminoácidos esenciales, vitaminas y estimulan al sistema de defensa de la planta con la síntesis de diferentes tipos de antibióticos [60].

Según [61], los abonos o enmiendas orgánicas son el resultado de procesos de descomposición y mineralización de residuos vegetales, animales e industriales, que, aplicados al suelo, pueden ayudar a mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas. De manera general, las enmiendas mejoran los procesos de infiltración y capacidad de retención del agua, como señala [62], promueven la actividad microbiana y controlan el pH, según indica la [63] por lo que se consideran una importante fuente de nutrientes para el suelo y las plantas.

### **1.3. Planteamiento del problema**

#### **1.3.1. Situación problemática**

El pallar es un cultivo que se adapta a las condiciones climáticas del valle de Ica, y tiene el potencial de producir altos rendimientos. Sin embargo, los rendimientos están disminuyendo progresivamente debido al deterioro del suelo, la limitada disponibilidad de agua y la baja humedad relativa. Este problema se ve agravado por la falta de conocimiento sobre nuevas alternativas disponibles en el mercado, como los son las rizobacterias y las enmiendas orgánicas.

En las últimas cuatro décadas, la productividad agrícola ha experimentado un crecimiento notable gracias a las innovaciones tecnológicas de la revolución verde y la expansión del uso de tierra, agua y otros recursos naturales [65]. Sin embargo, el uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes, ha generado consecuencias negativas para el medio ambiente, ya que estos compuestos contaminan los recursos naturales.

Los agricultores que cultivan pallar podrían beneficiarse enormemente de la aplicación de estas nuevas tecnologías, lo que les permitiría aumentar su producción y rentabilidad, logrando una agricultura sostenible. Según [65] la agricultura enfrenta un desafío considerable: para 2050, deberá producir casi un 50% más de alimentos, forraje y biocombustible que en 2012, debido al crecimiento poblacional. Factores como la

variabilidad climática, las sequías e inundaciones, y las plagas y enfermedades resistentes a diversos compuestos químicos, afectarán significativamente el rendimiento de los cultivos.

En el caso particular de nuestra región existe escasa información a nivel de agricultores acerca del comportamiento del cultivo del pallar frente a la aplicación de enmiendas orgánicas como bioestimulante y microorganismos benéficos y ver los efectos que estos generan sobre la producción y productividad; sobre todo en etapa de siembra cercana a la primavera, en que las temperaturas van incrementando y pueden producir perjuicios en variedades o cultivares sensibles a las altas temperaturas.

### **1.3.2. Formulación del problema**

#### **Problema general**

¿Cuál será el efecto de la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica sobre el rendimiento y calidad de grano de la línea PPD 118-2013 (*Phaseolus lunatus* L.), en la zona media del valle de Ica?

#### **Problemas específicos**

- ¿Cuál será el efecto de la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica sobre los principales componentes del rendimiento de la línea PPD 118-2013 (*Phaseolus lunatus* L.), en la zona media del valle de Ica?
- ¿Cuál será el efecto de la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica sobre las características del grano de la línea PPD 118-2013 (*Phaseolus lunatus* L.), en la zona media del valle de Ica?

### **1.4. Justificación e importancia de la investigación**

#### **1.4.1. Justificación**

Realizar investigaciones que tiendan a afrontar y solucionar problemas que día a día tienen los agricultores productores de pallar, que es la legumbre o leguminosa bandera que cuenta con denominación de origen, justifica plenamente; porque se trata de contribuir con disminuir la dependencia de agroquímicos, reduciendo gastos y aumentando la rentabilidad y conservar la biodiversidad del suelo.

Las investigaciones utilizando o inoculando con cepas seleccionadas de rizobacterias directamente vinculadas con la nutrición nitrogenada y fosfórica, en zonas donde se viene alcanzando rendimientos bajos a diferencias de muchos años atrás, justifica, el esfuerzo de realizar investigaciones aún en condiciones difíciles. Se trata del aporte que se hace desde la Universidad a través de los trabajos de tesis.

Por esta razón se justifica plenamente realizar el presente estudio para determinar la respuesta a la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica pretendiéndose de esta manera establecer pautas que puedan contribuir de guía a los agricultores para mejorar sus rendimientos del cultivo y por ende elevar los niveles de vida de la población rural, utilizando para ello diferentes productos que se encuentran en el mercado.

#### **1.4.2. Importancia**

Es importante conocer que las enmiendas orgánicas actúan sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo, proporcionando una mejora sustancial favoreciendo la vida orgánica, mejorando la microbiología benéfica del suelo, aumentando la retención de humedad y mejorando el crecimiento del sistema radical de las plantas.

La importancia de este trabajo de investigación radica utilizar información actualizada para determinar la respuesta a la aplicación de estas rizobacterias y enmienda orgánica con miras a obtener buenos rendimientos y una calidad óptima del grano para que los agricultores puedan lograr mejorar sus rendimientos y una mayor rentabilidad.

#### **1.5. Objetivos de la investigación**

##### **1.5.1. Objetivo general:**

Evaluar el efecto de la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad del grano de la línea PPD 118-2013 (*Phaseolus lunatus* L.), en la zona media del valle de Ica.

##### **1.5.2. Objetivos específicos:**

- Evaluar el efecto de la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en los principales componentes del rendimiento de la línea PPD 118-2013 (*Phaseolus lunatus* L.), en la zona media del valle de Ica.
- Evaluar el efecto de la aplicación de las rizobacterias y una enmienda orgánica en las características del grano de la línea PPD 118-2013 (*Phaseolus lunatus* L.), en la zona media del valle de Ica.

#### **1.6. Hipótesis y variables de la investigación**

##### **1.6.1. Hipótesis**

###### **Hipótesis general:**

La aplicación de rizobacterias y la enmienda orgánica, tienen efecto positivo en el rendimiento y calidad del grano de la línea PPD 118-2013 (*Phaseolus lunatus* L.), en la zona media del valle de Ica.

### **Hipótesis específicas:**

- La aplicación de rizobacterias y la enmienda orgánica, tienen efecto positivo en los principales componentes de rendimiento de la línea PPD 118-2013 (*Phaseolus lunatus* L.), en la zona media del valle de Ica.
- La aplicación de rizobacterias y la enmienda orgánica, tienen efecto positivo en las características del grano de la línea PPD 118-2013 (*Phaseolus lunatus* L.), en la zona media del valle de Ica.

### **1.6.2. Variables**

#### **Variables independientes (X)**

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

X2 = Enmienda orgánica (Bioamino L)

X3 = Líneas de pallar precoz: PPD 118-2013

#### **Variables dependientes (Y)**

Y1 = rendimiento de grano

Y2 = características físicas o defectos del grano

#### **Variables intervinientes (Z)**

Z1 = condiciones climáticas

Z2 = condiciones fitosanitarias

## II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

### 2.1. Tipo y nivel de la investigación

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo de tipo experimental

El nivel de la investigación es aplicado, ya que se trata de una investigación enfocada en resolver problemas prácticos.

### 2.2. Población y muestra del estudio

La población está representada por 336 plantas de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) precoz de habito de crecimiento determinado, distribuidas en 24 unidades experimentales, cada una con 14 plantas.

La muestra del estudio está compuesta por 192 plantas de la línea PPD 118-2013. Estas plantas se distribuyen en 24 unidades experimentales, evaluándose 8 plantas por unidad experimental o parcela.

### 2.3. Materiales

#### 2.3.1. Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en el vivero de fitomejoramiento en la facultad de agronomía de la universidad nacional “San Luis Gonzaga”, ubicado en el fundo arrabales, en el distrito de Subtanjalla, provincia y departamento de Ica, en la zona media del valle de Ica.

Cuyas coordenadas geográficas son:

Latitud Sur: 14°01'48.8"

Longitud Oeste: 75°44'47.3"

Altitud: 417 m.s.n.m

Las coordenadas UTM son:

Coordenadas UTM Este: 419396.40

Coordenadas UTM Norte: 8448804.00

#### 2.3.2. Análisis de suelo

Para determinar las características físicas y químicas del suelo, se recolectaron seis muestras de suelo de diferentes ubicaciones a lo largo de un patrón en zig-zag en el campo experimental. Este proceso se realizó utilizando una lampa, y se extrajeron muestras a una profundidad de 20 cm.

Una vez recolectadas, las muestras se combinaron para obtener una submuestra representativa y homogénea. De esta mezcla, se seleccionó un kilogramo de suelo, la cual fue enviada al laboratorio del Instituto Superior Valle Grande para el respectivo análisis (Tabla 1).

**TABLA 1**  
ANÁLISIS FÍSICO – MECÁNICO DEL SUELO

<b>Determinación</b>	<b>Profundidad del suelo (0-20cm)</b>	<b>Método empleado</b>
Arena (%)	74.91	Bouyoucos
Limo (%)	13.96	Bouyoucos
Arcilla (%)	11.13	Bouyoucos
Clase textural	Franco arenoso	Triángulo textural

Fuente: Laboratorio de Química Agrícola, Instituto de Educación Superior Valle Grande.

Esta muestra fue empleada para llevar a cabo un análisis químico del suelo. Los resultados obtenidos de este análisis proporcionaron una visión valiosa sobre las condiciones de fertilidad en la que se encontraba el área experimental (Tabla 2).

**TABLA 2**  
ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

<b>Determinación</b>	<b>Resultado</b>	<b>Método</b>	<b>Interpretación</b>
Carbonato de Calcio Total (%)	1.95	Gravimétrico	Muy bajo
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C (dS / m)	0.92	Electrométrico	Suelo libre de sales
pH (1/1) a Temp 23.5 °C	8.69	Electrométrico	Alcalino
Fósforo Disponible (ppm)	18.66	Olsen	Medio
Materia Orgánica (%)	0.48	Walkley y Black	Muy bajo
Potasio Disponible (ppm)	156.80	Acetato de Amonio	Medio
<b>Cationes Cambiables</b>		Extractante: Ac. Amonio	
Calcio (mEq / 100 g)	5.15	FAAS	Medio
Magnesio (mEq / 100 g)	0.96	FAAS	Medio
Sodio (mEq / 100 g)	0.28	FAAS	Medio
Potasio (mEq / 100 g)	0.39	FAAS	Medio
P.S.I (%)	4.08	Cálculo Matemático	No sódico
C.I.C.E (mEq / 100 g)	6.77	Cálculo Matemático	Bajo

Fuente: Laboratorio de Química Agrícola, Instituto de Educación Superior Valle Grande.

### 2.3.3. Análisis de micronutrientes disponibles

Con el objetivo de determinar la cantidad de micronutrientes presentes en el suelo y comprender mejor las condiciones de fertilidad en el área experimental, se utilizaron una parte de las muestras previamente recolectadas para el análisis de suelo (Tabla 3).

**TABLA 3**  
ANÁLISIS DE MICRONUTRIENTES DISPONIBLES

Micronutrientes disponibles		Extractante: DTPA	Interpretación
Cobre (ppm)	0.73	FAAS	Alto
Zinc (ppm)	1.08	FAAS	Medio
Manganeso (ppm)	6.01	FAAS	Medio
Hierro (ppm)	4.77	FAAS	Medio
Boro (ppm)	2.16	Extractante: CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O Colorimétrico	Alto

Fuente: Laboratorio de Química Agrícola, Instituto de Educación Superior Valle Grande.

### 2.3.4. Observaciones meteorológicas

Para obtener datos meteorológicos correspondientes a la temporada en la que se realizó la investigación, y así entender mejor cómo influyeron en el crecimiento y desarrollo del cultivo de pallar, Se hizo uso de la estación meteorológica más cercana al campo experimental, que es la estación CO-Tacama del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Ica. De esta manera, logramos recopilar información sobre la temperatura máxima, media y mínima mensual, las horas de sol y la humedad relativa (Tabla 4).

**TABLA 4**  
OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS DE SET-DIC (2023) Y ENE (2024)

Meses	Temperaturas °C (Mensual)			Horas de sol (Unidad)	Humedad relativa (%)
	Máxima	Media	Mínima	Mensual	Mensual
Septiembre	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 Tinguña.  
Longitud: 75° 43' 13.88" S  
Latitud: 13° 59' 55.22" W  
Altitud: 429 msnm

### 2.3.5. Tratamientos

#### Material biológico

El material biológico se refiere a la semilla de la línea PPD 118-2013, de pallar precoz, de hábito de crecimiento determinado de reciente cosecha, la misma que se seleccionó y se contó para cada tratamiento.

#### Tratamientos en estudio

Los tratamientos se conformaron de la aplicación de rizobacterias (cepas seleccionadas de *Bradyrhizobium* sp. y *Bacillus* sp.) obtenidas en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología de la Universidad Nacional Agraria, La Molina; con o sin la aplicación de la enmienda orgánica: Bioamino L, que es un activador de suelos. Se conformarán seis tratamientos, incluyendo los testigos fertilizado y absoluto (Tabla 5).

**TABLA 5**  
TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

N°	Tratamientos	Detalle
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	0.5+0.5 ml/kg de semilla
2	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L	0.5 + 0.5 ml/kg de semilla + 4 aplicaciones en Drench: 2 L ha <sup>-1</sup> /aplicación
3	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L + 20-20-20 NPK	0.5 + 0.5 ml/kg de semilla + 4 aplicaciones en Drench: 2 L ha <sup>-1</sup> /aplicación + 20-20-20 NPK
4	Bioamino-L	6 aplicaciones en Drench: 2 L ha <sup>-1</sup> /aplicación
5	Testigo NPK +	Testigo fertilizado con 40-60-40 de NPK
6	Testigo NPK-	Testigo absoluto: sin inoculación y sin aplicación de la enmienda orgánica

#### Donde:

#### Cepas de rizobacterias

Cepa 1: *Bacillus* sp. (Cepa B13)

Cepa 2: *Bradyrhizobium* sp. (Cepa LMTR 28)

#### Enmienda orgánica:

Bioamino-L: enmienda Orgánica Líquida para activar suelos, con alto contenido de materia orgánica, ácidos fúlvicos, polipéptidos de alta calidad biológica, macronutrientes y micronutrientes de fácil asimilación.

### **Características de la línea PPD 118-2013**

Presenta plantas de patrón de crecimiento determinado, erectas, que alcanzan 63.5 cm de altura, su floración se inicia a los 53 días después de la siembra, el color de la flor es blanco; el número de vainas por planta va de 17 a 22, según la época de siembra, las dimensiones de la vaina varían según su ciclo, siendo 12 x 2.1 cm de largo y ancho, respectivamente; con predominancia de cuatro granos por vaina cuyas dimensiones son 2 x 1.5 x 0.68 cm de largo, ancho y grosor del grano, respectivamente [67].

## **2.4. Métodos**

### **2.4.1. Diseño experimental**

El diseño experimental que se empleó en el presente trabajo de investigación, fue el Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones, haciendo un total de 24 unidades experimentales.

### **2.4.2. Características del campo experimental**

#### **Dimensiones del terreno**

Largo	15.20 m
Ancho	4.8 m
Área total	72.96 m <sup>2</sup>
Área de calles	19.2 m <sup>2</sup>
Área neta	53.76 m <sup>2</sup>

#### **Parcelas:**

Largo de parcela	2.8 m
Ancho de parcela	0.8 m
Área de una parcela	2.24 m <sup>2</sup>
Número de surcos por parcela	1
Distancia entre surcos	0.80 m
Distancia entre golpes	0.40
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 <sup>2</sup>
Número de bloques	4

### Croquis experimental

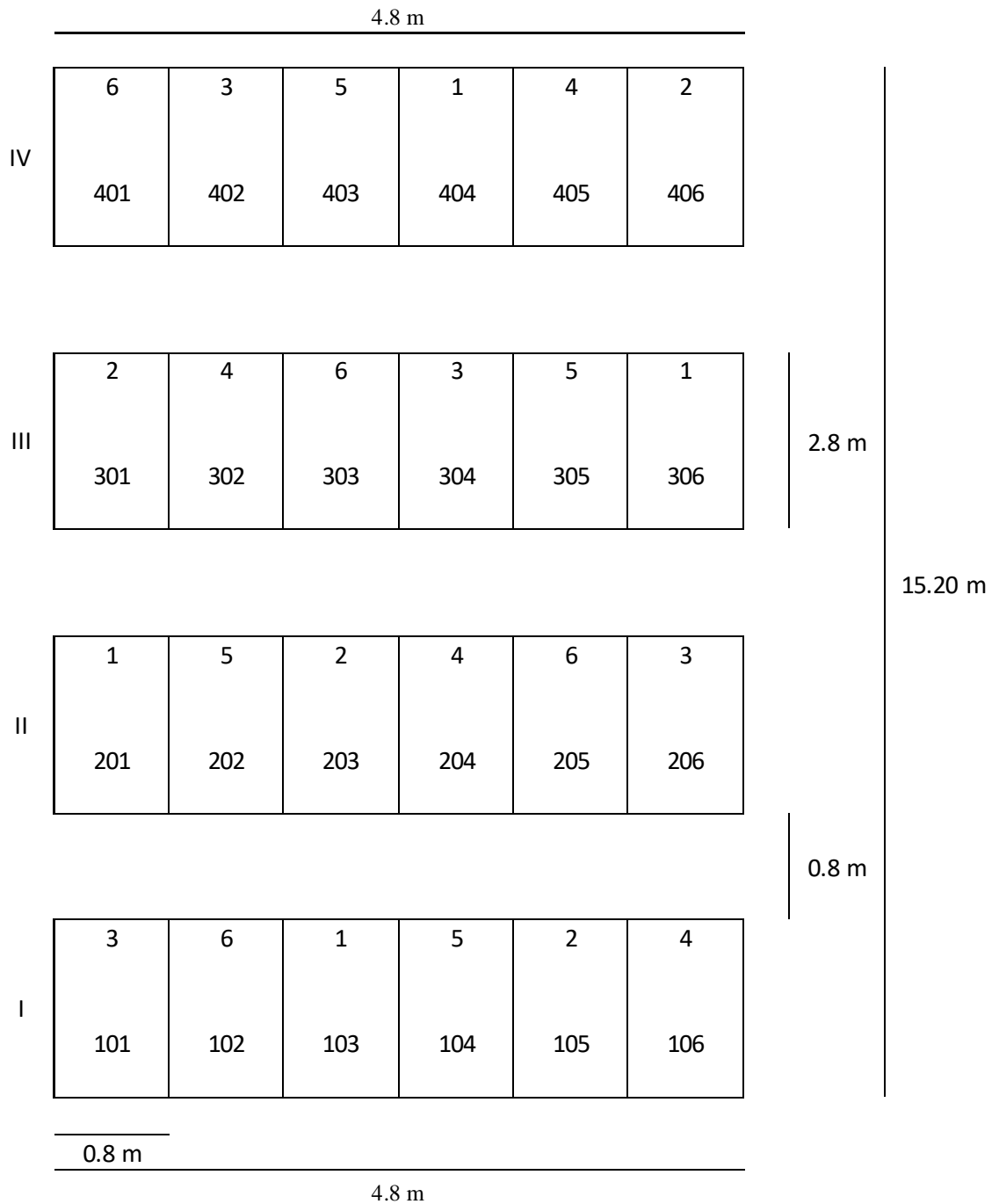


Figura 1. Distribución de los tratamientos en el croquis experimental

### 2.4.3. Metodología de aplicación de los tratamientos

La metodología de aplicación de los tratamientos, se refiere a la aplicación de rizobacterias (*Bradyrhizobium* sp - *Bacillus* sp) y una enmienda orgánica (Bioamino-L). La implementación de estos tratamientos se llevó a cabo de la siguiente manera:

1. La inoculación o coinoculación con las rizobacterias (*Bradyrhizobium* sp - *Bacillus* sp) a la semilla, se realizó momentos antes de la siembra en las parcelas de los tratamientos con clave 1, 2, 3.
2. A los 15 dds, se realizó la primera aplicación con la enmienda orgánica (Bioamino-L), en drench, al cuello de planta en las parcelas identificadas con la clave 2, 3 y 4.
3. A los 30 dds, se realizó la segunda aplicación con la enmienda orgánica (Bioamino-L) en drench, en las parcelas identificadas con la clave 2, 3 y 4.
4. A los 45 dds, se realizó la tercera aplicación con la enmienda orgánica (Bioamino-L), en drench, en las parcelas identificadas con la clave 2, 3 y 4.
5. A los 60 dds, se realizó la cuarta aplicación en drench, con la enmienda orgánica (Bioamino-L) en las parcelas identificadas con la clave 2, 3 y 4.
6. A los 75 y 90 dds, se hizo la quinta y sexta aplicación en drench con la enmienda orgánica (Bioamino-L) en las parcelas identificadas con la clave 4.
7. Previamente a cada aplicación se realizó la calibración del gasto de agua, de acuerdo al estado fenológico del cultivo.

### 2.4.4. Conducción del experimento

#### - Preparación del terreno

Se llevaron a cabo las siguientes labores para preparar el terreno destinado a la realización del proyecto de investigación:

#### **Limpieza del terreno**

El 04 de septiembre de 2023, se iniciaron las labores de preparación del terreno con una limpieza del terreno. Esta consistió en la eliminación de todos los restos de cultivos anteriores, malezas y cualquier objeto extraño presente, utilizando una lampa y rastrillo.

#### **Volteo y nivelación del terreno**

El 06 de septiembre de 2023, se llevó a cabo el volteo y nivelación del suelo como parte de las labores de preparación del terreno. Esta labor consistió en voltear el suelo utilizando una lampa, para mezclar y airear el terreno. Esta labor es crucial para mejorar la estructura del suelo y facilitar el crecimiento de las plantas. Posteriormente, se procedió a nivelar el terreno para asegurar una superficie uniforme y propicia para la siembra.

### **Surcado y demarcación del terreno**

El 08 de septiembre de 2023, se llevó a cabo el surcado y la demarcación del terreno, utilizando estacas, wincha, cordel, cal, tarjetas y plumón indeleble. Además, permitieron establecer las distancias entre líneas, con sus distanciamientos adecuados, quedando debidamente identificadas. El distanciamiento entre los surcos fue de 0.8 m, dejando el terreno listo para el riego de machaco.

### **Riego de machaco**

El 11 de septiembre de 2023, se llevó a cabo el riego de machaco, con una duración de 3 horas, con el objetivo de acondicionar el terreno para la siembra del cultivo.

#### **- Inoculación de las semillas**

La inoculación de las semillas se realizó momentos antes de la siembra. Primero, se seleccionaron las semillas. Luego de tener seleccionadas las semillas, se les añadió una dosis de 0.5 ml de *Bradyrhizobium* sp (Cepa LMTR28) y *Bacillus* sp (Cepa B13) por kilogramo de semilla en los tratamientos 1, 2 y 3. Posteriormente, se añadió agua mineral y tierra fina en cada bolsa de plástico con semillas. Esto se hizo con la finalidad de garantizar una adecuada impregnación de las rizobacterias en las semillas del pallar

#### **- Siembra**

El 13 de septiembre de 2023, se llevó a cabo la siembra, utilizando una lampa a primeras horas de la mañana. Para evitar el contacto directo de la piel con los microorganismos, se usaron guantes de látex durante la siembra de las semillas que habían sido inoculadas para los tratamientos 1, 2 y 3. Por otro lado, las semillas destinadas a los tratamientos 4, 5 y 6 fueron previamente desinfectadas con el fungicida vitavax. Durante este proceso, también se utilizaron guantes de látex para evitar el contacto con el producto químico. De esta manera, se procedió a la siembra de manera segura y efectiva. Se dejó un espacio de 0.40 m entre cada golpe. En cada uno de estos, se colocaron 3 semillas, asegurando así una densidad de siembra adecuada.

#### **- Aporque**

El aporque se llevó a cabo con el objetivo de proporcionar un soporte adicional a las plantas que estaban alcanzando una altura considerable. Asimismo, promover la aireación, prevenir la compactación del suelo, evitar que la humedad llegue al cuello de la planta y erradicar las hierbas no deseadas (Tabla 6).

**TABLA 6**  
CRONOGRAMA DE APORQUE

Numero de aporques	Fecha	Edad del cultivo (Días)
1	25 – 09 - 2023	13
2	05 – 10 - 2023	22

- **Desahije**

A los 15 días después de la siembra, se realizó el desahije, conservando las dos plantas más prometedoras por golpe, garantizando así un crecimiento óptimo.

- **Reinoculación de rizobacterias y fertilización**

El 28 de septiembre de 2023, a los 16 días después de la siembra. Se llevo a cabo la Reinoculación de las bacterias (*Bradyrhizobium* sp y *Bacillus* sp), en los tratamientos 1, 2 y 3. En algunos tratamientos, se complementó con la aplicación de enmienda orgánica (Bioamino-L) en drench.

Ese mismo día, se realizó la fertilización. La cual consistió en la aplicación de diferentes dosis de fertilizantes a dos tratamientos distintos. El tratamiento 3 recibió una dosis de fertilizante con una proporción de 20-20-20, mientras que el tratamiento 5 fue fertilizado con una dosis de 40-60-40. Las fuentes de fertilizantes utilizadas incluyeron fosfato diamónico, que contiene un (18% de nitrógeno y un 46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), urea con un (46% de nitrógeno) y sulfato de potasio, que tiene un (50% de K<sub>2</sub>O). estos fertilizantes se aplicaron a 20 cm entre plantas o golpes.

- **Colocación de mulch**

El 12 de octubre de 2023, a los 30 días después de la siembra. Se procedió a la colocación del mulch. Esto es crucial para ayudar a conservar la humedad del suelo, ya que disminuye la evaporación y reduce la frecuencia de riego necesaria.

- **Deshierbos**

Para asegurar el crecimiento óptimo de las plantas de pallar, se realizaron deshierbos. Estas medidas se realizaron con el objetivo de minimizar la competencia por recursos como la luz solar, el agua, los nutrientes y el espacio. Este proceso se realizó de manera regular para mantener un control efectivo sobre las malezas. Utilizando la lampa para su eliminación efectiva haciendo raspado o despique.

En el campo experimental, las malezas que se presentaron con mayor frecuencia fueron la Grama común (*Cynodon dactylon*), Yuyo (*Amaranthus* sp), Cadillo (*Cenchrus*

*echinatus*), verdolaga (*Portulaca oleracea*) Estas especies son conocidas por su rápido crecimiento y su capacidad para competir con los cultivos por los recursos.

- **Riegos**

El riego utilizado fue por gravedad, con agua del subsuelo del pozo del fundo arrabales. Los riegos se planificaron considerando las características del suelo, la época de siembra y las necesidades específicas del cultivo de pallar. En total, se llevaron a cabo 14 riegos ligeros, excluyendo el riego de machaco. Este cronograma permitió mantener la humedad adecuada para el cultivo de pallar (Tabla 7).

**TABLA 7**  
CRONOGRAMA DE RIEGOS

Numero de riego	Fecha	Edad del cultivo (Días)	Volumen de agua m3/ha
Riego de machaco	11-09-2023	-	1200
1	25-09-2023	13	300
2	02-10-2023	20	300
3	10-10-2023	28	300
4	16-10-2023	34	300
5	23-10-2023	41	300
6	27-10-2023	45	300
7	01-11-2023	50	350
8	13-11-2023	62	350
9	18-11-2023	67	350
10	24-11-2023	73	350
11	30-11-2023	79	300
12	06-12-2023	85	300
13	12-12-2023	91	300
14	18-12-2023	97	300
Total			5,600

- **Nutrición foliar**

Durante la conducción del cultivo de pallar, se aplicaron frecuentemente tratamientos foliares. Durante la fase vegetativa del cultivo, se utilizó el abono orgánico líquido biol y el fertilizante foliar Biotron a base de calcio-boro, con el objetivo de reforzar la fijación de los botones florales y asegurar un alto porcentaje de formación de vainas. Durante la etapa reproductiva del cultivo de pallar, se potenció la nutrición foliar a

través de la aplicación de Oligomix, un fertilizante foliar compuesto por microelementos, con el objetivo de promover el llenado de los granos. Para estas aplicaciones, se utilizaron surfactantes agrícolas como Maxi-Wet y BB5 para mejorar la eficacia de los tratamientos (Tabla 8).

**TABLA 8**  
CRONOGRAMA DE APLICACIONES FOLIARES

<b>Fecha</b>	<b>Edad del cultivo (Días)</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosis</b>
05 - 10 - 2023	23	Biol + Maxi-Wet	250ml + 1ml/5L
10 - 10 - 2023	28	Biol + Maxi-Wet	400ml + 1.6 ml/8L
12 - 10 - 2023	30	Biol + Maxi-Wet	400ml + 1.6ml/8L
20 - 10 - 2023	38	Biol + BB5	400ml + 15ml/8L
27 - 10 - 2023	45	Biol + BB5	500ml + 20ml/10L
30 - 10 - 2023	48	Biotron (Ca - B) + BB5	25ml + 20ml/10L
03 - 11 - 2023	52	Biol + BB5	1L + 20ml/10L
06 - 11 - 2023	55	Biotron (Ca - B) + BB5	25ml + 20ml/10L
08 - 11 - 2023	57	Biol + BB5	1L + 20ml/10L
13 - 11 - 2023	62	Biotron (Ca - B) + BB5	25ml + 20ml/10L
18 - 11 - 2023	67	Biol + BB5	1L + 20ml/10L
20 - 11 - 2023	69	Biotron (Ca - B) + BB5	25ml + 20ml/10L
24 - 11 - 2023	73	Biol + BB5	1L + 20ml/10L
28 - 11 - 2023	77	Biol + Oligomix + BB5	1L + 15gr + 20ml/10L
29 - 11 - 2023	78	Biotron (Ca - B) + BB5	25ml + 20ml/10L
30 - 11 - 2023	79	Biol + BB5	1L + 20ml/10L
06 - 12 - 2023	85	Biol + Oligomix + BB5	1L + 15gr + 20ml/10L
12 - 12 - 2023	91	Biol + Oligomix + BB5	1L + 15gr + 20ml/10L
18 - 12 - 2023	97	Biol + Oligomix + BB5	1L + 15gr + 20ml/10L

- **Manejo fitosanitario**

Las evaluaciones fitosanitarias se realizaron de manera frecuente, con un enfoque agroecológico, con el objetivo de recopilar suficiente información sobre la presencia y el aumento de la población de insectos plaga para el cultivo de pallar. Esta información fue crucial para tomar decisiones pertinentes. Se colocaron cebos tóxicos, trampas cromáticas y trampas con melaza y biocidas a base de extractos de ajo y rocoto, también se recurrió al control químico tras una evaluación adecuada.

Este enfoque integral garantizó un manejo eficaz de las plagas, respetando al medio ambiente y la salud del cultivo (Tabla 9).

**TABLA 9**  
CRONOGRAMA DEL MANEJO FITOSANITARIO

<b>Fecha</b>	<b>Labor</b>	<b>Producto utilizado</b>	<b>Dosis</b>	<b>Plagas a controlar</b>
19 – 09 – 2023	Colocación de cebos tóxicos	Melaza, afrecho, Lannate 40 SP (Methomyl)	8 L + 10 kg + 100 g	Gusanos de tierra ( <i>Agrotis sp</i> , <i>Spodoptera frugiperda</i> )
26 – 09 – 2023	Colocación de trampas cromáticas	Plástico de color amarillo, Temo-ocid	1x4 m (plástico amarillo), 750 ml	<i>Bemisia tabaci</i> , <i>Empoasca kraemeri</i> , <i>Aphis sp</i> , <i>Prodiplosis longifila</i> , <i>Phyllocnistis sp</i> , <i>Trips</i> .
29 – 09 – 2023	1.ª Aplicación de biocida (Ajo)	Extracto de ajo + Maxi-wet	125ml + 1ml/5L	<i>Aphis sp</i> , <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Prodiplosis longifila</i> , <i>Tetranychus sp</i> .
29 – 09 – 2023	Colocación de trampas de melaza	Botellas descartables, agua y melaza	6 unidades, 3L, 1.5L	Lepidópteros adultos. <i>Agrotis sp</i> , <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Heliothis sp</i> .
05 – 10 – 2023	2.ª Aplicación de biocida (Rocoto)	Extracto de rocoto	12.5ml + 1ml/5L	<i>Aphis sp</i> , <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Prodiplosis longifila</i> , <i>Tetranychus sp</i> .
05 – 10 – 2023	Mantenimiento y colocación de trampas cromáticas y de oviposición	Plástico de color azul y costal negro, Temo-ocid	1x2 m (plástico azul) 1x2 m (costal negro), 750 ml	<i>Trips</i> , Lepidópteros adultos.
10 – 10 – 2023	3.ª Aplicación de biocida (Ajo)	Extracto de ajo + Maxi-wet	200ml + 1.6ml/8L	<i>Aphis sp</i> , <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Prodiplosis longifila</i> , <i>Tetranychus sp</i> .
11 – 10 – 2023	1.ª Aplicación química	Lannate 40 SP (Methomyl) + Maxi-wet	12gr + 1.6ml/8L	<i>Epinotia aporema</i> , <i>Leptotes sp</i> .
20 – 10 – 2023	4.ª Aplicación de biocida (Rocoto)	Extracto de rocoto + BB5	20ml + 15ml/8L	<i>Aphis sp</i> , <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Prodiplosis longifila</i> , <i>Tetranychus sp</i> .
27 – 10 – 2023	5.ª Aplicación de biocida (Rocoto)	Extracto de rocoto + BB5	20ml + 20ml/10L	<i>Aphis sp</i> , <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Prodiplosis longifila</i> , <i>Tetranychus sp</i> .
27 – 11 – 2023	2.ª Aplicación química	K-ñon (Alpha-Cypermethrin - Ciclohexanona) + BB5	15ml + 20ml/10L	<i>Laspeyresia leguminis</i> , <i>Leptotes sp</i> .

#### - **Cosecha**

El 05 de enero de 2024, a los 115 días después de la siembra, se llevó a cabo la cosecha de pallar. Las vainas habían alcanzado su madurez y estaban listas para ser cosechadas, Durante la cosecha, se extrajeron y registraron las vainas de los tres mejores golpes, que consistían en 6 plantas. Estas vainas se almacenaron en bolsas de papel debidamente etiquetadas con el número de parcela, el golpe y la fecha correspondiente.

Para evitar la presencia de hongos debido a las condiciones de temperatura, se mantuvieron separadas las vainas verdes de las vainas secas. Después de cosechar las plantas seleccionadas, se procedió a cosechar las plantas de pallar restantes en la parcela, identificándolas adecuadamente por parcela.

Las vainas cosechadas se depositaron en un área limpia, bien ventilada y con luminosidad para que completaran su secado antes de realizar la trilla.

#### - **Trilla**

El 15 de enero de 2024, 10 días después de la cosecha se realizó la trilla, cuando las vainas de pallar alcanzaron un aspecto quebradizo y se desprendían fácilmente al aplicar presión con los dedos, este fue un indicador de que estaban listas para ser trilladas lo que facilitó la extracción de los granos.

La trilla se llevó a cabo de forma manual y por tratamientos, sin producirle daño alguno al grano. Las semillas fueron depositadas e identificadas en sobres de papel, listas para las evaluaciones de pesado correspondientes.

#### **2.4.5. Variables evaluadas**

Las variables que se evaluaron durante el desarrollo de la investigación se detallan a continuación:

- Porcentaje de emergencia (%): El porcentaje de emergencia se obtuvo al contar las plántulas emergidas por parcela, comparándolo con el número de semillas sembradas, Esta evaluación se realizó a los 8 días después de la siembra.
- Longitud de la parte aérea (cm). – Al observar la floración y detectar que más del 50% de las plantas en cada parcela experimental habían florecido, se procedió a extraer dos plantas por parcela a los 54 días después de la siembra. Una vez extraídas, se procedió a cortar y separar la parte aérea de la radicular a partir del nudo o cicatriz de los cotiledones en cada planta. Una vez separadas las partes aéreas y radiculares de ambas plantas, estas fueron identificadas adecuadamente y guardados en bolsas de plástico, cada una con el número correspondiente de su parcela. Posteriormente, en un ambiente de trabajo más tranquilo, se anotó la longitud de la parte aérea de cada planta, desde el

nudo o cicatriz de los cotiledones, hasta el terminal del tallo principal y colocadas en bolsas de papel debidamente identificadas para completar su secado y evitar la pudrición.

- Longitud de la parte radicular. – Durante la extracción de la parte radicular, se tuvo mucho cuidado de recuperar todos los nódulos y raicillas que se desprendieron y quedaron en el suelo debido a la manipulación. Estos fueron luego identificados de manera adecuada y guardados con el número correspondiente de su parcela. Posteriormente, en un ambiente de trabajo más tranquilo, se anotó la longitud de la raíz a partir del nudo o cicatriz cotiledón, hasta el final de la raíz principal.

- Número de nódulos por planta (unidad). - De las dos plantas extraídas, cuyas raíces estaban identificadas con su respectiva parcela, se realizó un conteo de los nódulos y se calculó el promedio respectivo.

Posteriormente, las raíces y los nódulos fueron cuidadosamente lavados con agua y colocados en bolsas de papel debidamente identificadas para completar su secado y evitar la pudrición.

- Peso seco de la biomasa aérea por planta (g). – La biomasa aérea de las dos plantas extraídas que fueron colocadas en bolsas de papel debidamente identificadas, fueron llevadas a estufa a 70°C durante 48 horas para tomar el peso seco respectivo.

- Peso seco de la biomasa radicular por planta (g). – La biomasa radicular de las dos plantas extraídas que fueron colocadas en bolsas de papel debidamente identificadas, fueron llevadas a estufa a 70°C durante 48 horas para tomar el peso seco respectivo.

- Número de vainas por planta (unidad). – Durante la cosecha, se extrajeron y registraron las vainas de los tres mejores golpes. Se contabilizaron las vainas secas, las vainas verdes y las vainas vanas, las cuales se almacenaron en bolsas de papel debidamente identificadas con su número de parcela, golpe y fecha correspondiente. Sin embargo, se mantuvieron separadas las vainas verdes para evitar la presencia de hongos debido a la temperatura. Finalmente, se calculó el promedio de vainas por planta.

- Peso de 100 granos (g): Una vez realizada la trilla de las tres muestras de cada parcela, se separaron los granos dañados. Posteriormente, se pesaron tres muestras de 100 granos de cada parcela utilizando una balanza. Se registró el peso de cada muestra y se calculó el promedio correspondiente.

- Porcentaje de grano sano y defectuoso (%). - Se llevó a cabo la identificación de granos sanos y defectuosos (rajados, abiertos, brotados o pre germinados, entre otros), utilizando una muestra de 100 granos extraídos de las tres muestras recolectadas. Esta

evaluación se realizó sin considerar daños causados por hongos, insectos o factores mecánicos.

- Contenido de N en el grano: Se recolectaron 20 a 30 gramos de granos de pallar, de cada parcela experimental, los cuales fueron colocados en bolsas de papel debidamente identificadas. Posteriormente se llevaron las muestras al laboratorio de química agrícola del instituto valle grande, para su respectivo análisis.
- Rendimiento por planta (g): Se pesaron todos los granos obtenidos por planta de las tres muestras de cada parcela anotando su peso y obteniendo el promedio respectivo.
- Rendimiento total (Kg ha<sup>-1</sup>). - Primero se obtuvo el rendimiento por parcela al pesar los granos de las plantas muestreadas junto con los granos de las plantas que quedaron en la parcela, luego por regla de tres simple, se determinó el rendimiento total expresado en kg/ha.

#### **2.4.6. Análisis estadísticos**

Los datos obtenidos de cada una de las evaluaciones realizadas se sometieron a un análisis de varianza (ANVA) con niveles de significación estadística de 0.05 y 0.01, y se empleó la prueba de Duncan para la comparación de medias. Esto permitió establecer el orden de mérito relativo y facilitó la interpretación de los datos. Además, se calcularon los promedios, desviaciones estándar y coeficientes de variación para cada variable evaluada.

### III. RESULTADOS

#### Porcentaje de emergencia

En el análisis de varianza realizado al porcentaje de emergencia, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 9.08 % (Tabla 10).

**TABLA 10**

ANVA DEL PORCENTAJE DE EMERGENCIA EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	322.196	64.439 NS	0.977	2.901	4.556
Bloques	3	2.832	0.944 NS	0.014	3.287	5.417
Error experimental	15	989.533	65.969			
Total	23	1314.561				
$S_{\bar{x}}$			4.061			
C.V. (%)			9.08			
Promedio			89.49 %			

NS. - No existe diferencia significativa.

**TABLA 11**

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PORCENTAJE DE EMERGENCIA EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Nº	Tratamientos	Porcentaje de emergencia		
		Clave	Promedio (%)	Duncan 0.05
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	5	96.43	a
2	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L	3	90.48	a
3	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L + 20-20-20 NPK	1	89.29	a
4	Bioamino-L	4	89.29	a
5	Testigo NPK +	6	86.91	a
6	Testigo NPK-	2	84.53	a

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

En la prueba de rango múltiple de Duncan, se observa que, coincidiendo con el análisis de varianza, donde no hubo diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, todos los

tratamientos presentaron promedios estadísticamente similares, presentando un rango de 96.43% de emergencia para el tratamiento 5 (Testigo fertilizado), hasta el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L) con 84.53% de emergencia (Tabla 11).

### Longitud de la parte aérea

En el cuadrado medio del análisis de varianza realizado para la longitud de la parte aérea, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 5.36 % (Tabla 12).

**TABLA 12**

CUADROS MEDIOS DE LOS ANVA DE LA LONGITUD DE LA PARTE AÉREA Y RADICULAR EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Fuentes de variación	G.L	Cuadros medios		Ft	
		Longitud de la parte aérea	Longitud de la parte radicular	0.05	0.01
Tratamientos	5	7.975 NS	8.750 NS	2.901	4.556
Bloques	3	2.194 NS	19.736 NS	3.287	5.417
Error experimental	15	8.069	7.311		
Total	23	-	-		
$s_{\bar{x}}$		1.420	1.352		
C.V. (%)		5.36	8.29		
Promedio		53.00 cm	32.63 cm		

NS. - No existe diferencia significativa.

En la prueba de rango múltiple de Duncan se observa que, coincidiendo con el análisis de varianza, donde no hubo diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, todos los tratamientos presentaron, promedios estadísticamente similares, presentado un rango desde 55.00 cm de longitud de la parte aérea para el tratamiento 3 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L + 20-20-20 NPK), hasta el tratamiento 4 (Bioamino-L) que alcanzó los 51.25 cm, incluyendo ambos testigos 5 (Testigo fertilizado) y 6 (Testigo absoluto) con 51.75 y 52.75 cm de longitud de la parte aérea en promedio, respectivamente (Tabla 13).

### Longitud de la parte radicular

En el cuadrado medio del análisis de varianza realizado para la longitud de la parte radicular no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 8.29 % (Tabla 12).

**TABLA 13**

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LA LONGITUD DE LA PARTE AÉREA Y RADICULAR EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

N°	Tratamientos	Longitud de la parte aérea			Longitud de la parte radicular		
		Clave	Promedio (cm)	Duncan 0.05	Clave	Promedio (cm)	Duncan 0.05
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	3	55.00	a	3	34.25	a
2	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L	1	54.13	a	2	34.25	a
3	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L + 20-20-20 NPK	2	53.13	a	1	32.50	a
4	Bioamino-L	6	52.75	a	5	32.50	a
5	Testigo NPK +	5	51.75	a	4	31.88	a
6	Testigo NPK-	4	51.25	a	6	30.38	a

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

En la prueba de rango múltiple de Duncan se observa que, coincidiendo con el análisis de varianza, donde no hubo diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, todos los tratamientos presentaron, promedios estadísticamente similares, presentado un rango desde 34.25 cm de longitud de la parte radicular para el tratamiento 3 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L + 20-20-20 NPK), hasta el tratamiento 6 (Testigo absoluto), que alcanzó los 30.38 cm de longitud de la parte aérea (Tabla 13).

### Numero de nódulos por planta

En el análisis de varianza realizado al número de nódulos por planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, se ha encontrado diferencia altamente significativa entre repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 18.83 % (Tabla 14).

**TABLA 14**

ANVA DEL NÚMERO DE NÓDULOS POR PLANTA EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	2.442	0.488 NS	0.493	2.901	4.556
Bloques	3	27.458	9.153 **	9.244	3.287	5.417
Error experimental	15	14.852	0.990			
Total	23	44.752				
$S_{\bar{x}}$			0.498			
C.V. (%)			18.83			
Promedio			29.79			

NS. - No existe diferencia significativa.

\*\* - Existe diferencia altamente significativa (99% de confiabilidad)

**TABLA 15**

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL NÚMERO DE NÓDULOS POR PLANTA EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Nº	Tratamientos	Numero de nódulos por planta		
		Clave	Promedio (Unidad)	Duncan 0.05
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	2	38.00	a
2	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L	1	31.13	a
3	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L + 20-20-20 NPK	5	27.50	a
4	Bioamino-L	6	26.75	a
5	Testigo NPK +	4	30.13	a
6	Testigo NPK-	3	25.25	a

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

En la prueba de rango múltiple de Duncan se observa que, coincidiendo con el análisis de varianza, donde no hubo diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, todos los tratamientos presentaron, promedios estadísticamente similares, presentando un rango desde 38.00 nódulos por planta para el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L), hasta el tratamiento 3 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L + 20-20-20 NPK) con 25.25 nódulos por planta, en promedio (Tabla 15).

### Peso seco de la biomasa aérea por planta

En el cuadrado medio del análisis de varianza realizado para el peso seco de la biomasa aérea por planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 14.07 % (Tabla 16).

**TABLA 16**

CUADROS MEDIOS DE LOS ANVA DEL PESO SECO DE LA BIOMASA AÉREA Y RADICULAR POR PLANTA EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Fuentes de variación	G.L	Cuadros medios		Ft	
		Peso seco de la biomasa aérea por planta	Peso seco de la biomasa radicular por planta	0.05	0.01
Tratamientos	5	54.700 NS	3.009 NS	2.901	4.556
Bloques	3	7.952 NS	0.338 NS	3.287	5.417
Error experimental	15	23.748	1.134		
Total	23				
$S_{\bar{x}}$		2.437	0.533		
C.V. (%)		14.07	16.02		
Promedio		34.64 g	6.65 g		

NS. - No existe diferencia significativa.

En la prueba de rango múltiple de Duncan, se observa que 5 tratamientos se ubicaron en el primer lugar, desde 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L) con 38.23 g, hasta el tratamiento 3 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L + 20-20-20 NPK) con 32.92 g de peso seco de la biomasa aérea por planta. En el segundo y último lugar, se ubicó solamente el tratamiento 5 (Testigo fertilizado) con 28.05 g de peso seco de la biomasa aérea por planta, en promedio (Tabla 17).

### Peso seco de la biomasa radicular por planta

En el cuadrado medio del análisis de varianza realizado para el peso seco de la biomasa radicular por planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 16.02 % (Tabla 16)

**TABLA 17**

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO SECO DE LA BIOMASA AÉREA Y RADICULAR POR PLANTA EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Nº	Tratamientos	Peso seco de la biomasa aérea por planta			Peso seco de la biomasa radicular por planta		
		Clave	Promedio (g)	Duncan 0.05	Clave	Promedio (g)	Duncan 0.05
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	2	38.23	a	2	7.94	a
2	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L	6	37.20	a	1	7.08	a
3	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L + 20-20-20 NPK	4	36.06	a	5	6.60	a b
4	Bioamino-L	1	35.38	a b	4	6.56	a b
5	Testigo NPK +	3	32.92	a b	3	6.44	a b
6	Testigo NPK-	5	28.05	b	6	5.28	b

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

En la prueba de rango múltiple de Duncan, se observa que 5 tratamientos, incluyendo el testigo fertilizado, se ubicaron en el primer lugar, desde el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L) con 7.94 g/planta de peso seco de la biomasa radicular, hasta el tratamiento 3 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L + 20-20-20 NPK) con 6.44 g/planta de peso seco de la biomasa radicular, en promedio. En el segundo y último lugar, se ubicó el tratamiento 6 (Testigo absoluto) con 5.28 g/planta de peso seco de la biomasa radicular (Tabla 17).

### Numero de vainas por planta

En el análisis de varianza realizado al número de vainas por planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 7.59 % (Tabla 18).

**TABLA 18**

ANVA DEL NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	22.166	4.433 NS	2.465	2.901	4.556
Bloques	3	14.222	4.741 NS	2.636	3.287	5.417
Error experimental	15	26.975	1.798			
Total	23	63.362				
$S_{\bar{x}}$			0.671			
C.V. (%)			7.59			
Promedio			17.68			

NS. - No existe diferencia significativa.

**TABLA 19**

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL NÚMERO DE VAINAS POR PLANTAS EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Nº	Tratamientos	Numero de vainas por planta		
		Clave	Promedio (Unidad)	Duncan 0.05
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	2	19.58	a
2	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L	3	17.79	a b
3	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L + 20-20-20 NPK	1	17.58	a b
4	Bioamino-L	5	17.46	a b
5	Testigo NPK +	4	17.28	b
6	Testigo NPK-	6	16.38	b

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

En la prueba de rango múltiple de Duncan, se observa que 4 tratamientos, se ubicaron en el primer lugar, desde el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L) con 19.58 vainas

por planta, hasta el tratamiento 5 (Testigo fertilizado) con 17.46 vainas por planta, en promedio. En el segundo lugar se ubicaron los tratamientos 4 (Bioamino-L) y 6 (Testigo absoluto) con 17.28 y 16.38 vainas por planta en promedio, respectivamente (Tabla 19).

### **Peso de 100 granos**

En el análisis de varianza realizado al peso de 100 granos, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 2.34 % (Tabla 20).

**TABLA 20**

ANVA DEL PESO DE 100 GRANOS EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	201.311	40.262 NS	1.904	2.901	4.556
Bloques	3	9.776	3.259 NS	0.154	3.287	5.417
Error experimental	15	317.268	21.151			
Total	23	528.355				
$s_{\bar{x}}$			2.300			
C.V. (%)			2.34			
Promedio			196.44 g			

NS. - No existe diferencia significativa.

En la prueba de rango múltiple de Duncan, se observa que, coincidiendo con el análisis de varianza, donde no hubo diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, todos los tratamientos presentaron promedios estadísticamente similares, presentando un rango de 200.38 g en 100 granos para el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L), hasta el tratamiento 5 (Testigo fertilizado) con 193.11 g en 100 granos, en promedio (Tabla 21).

**TABLA 21**

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO DE 100 GRANOS EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

N°	Tratamientos	Peso de 100 granos		
		Clave	Promedio (g)	Duncan 0.05
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	2	200.38	a
2	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L	1	199.75	a
3	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L + 20-20-20 NPK	3	197.38	a
4	Bioamino-L	4	194.11	a
5	Testigo NPK +	6	193.90	a
6	Testigo NPK-	5	193.11	a

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

**Porcentaje de grano sano**

En el análisis de varianza realizado al porcentaje de grano sano, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 5.65 % (Tabla 22).

**TABLA 22**

CUADROS MEDIOS DE LOS ANVA DEL PORCENTAJE DE GRANO SANO EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	0.026	0.005 NS	2.663	2.901	4.556
Bloques	3	0.017	0.006 NS	2.933	3.287	5.417
Error experimental	15	0.030	0.002			
Total	23	0.074				
$s_{\bar{x}}$			0.022			
C.V. (%)			5.65			
Promedio			79 %			

NS. - No existe diferencia significativa.

**TABLA 23**

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PORCENTAJE DE GRANO SANO EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

N°	Tratamientos	Porcentaje de grano sano		
		Clave	Promedio (%)	Duncan 0.05
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	4	85%	a
2	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L	3	82%	a b
3	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L + 20-20-20 NPK	1	78%	a b
4	Bioamino-L	2	78%	a b
5	Testigo NPK +	6	76%	b
6	Testigo NPK-	5	75%	b

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

En la prueba de rango múltiple de Duncan, se observa que 4 tratamientos, se ubicaron en el primer lugar, desde el tratamiento 4 (Bioamino-L) con 85 % de grano sano, hasta el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L) con 78 % de grano sano en promedio. En el segundo lugar se ubicaron los tratamientos 6 (Testigo absoluto) y 5 (Testigo fertilizado) con 76 y 75 % de grano sano en promedio, respectivamente (Tabla 23).

### Contenido de nitrógeno en el grano

En el análisis de varianza realizado al contenido de nitrógeno en el grano, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 5.44 % (Tabla 24).

**TABLA 24**

ANVA DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO DEL GRANO EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	0.183	0.037 NS	1.401	2.901	4.556
Bloques	3	0.074	0.025 NS	0.944	3.287	5.417
Error experimental	15	0.392	0.026			
Total	23	0.649	-			
$S_{\bar{x}}$			0.081			

C.V. (%)	5.44
Promedio	2.97 %

NS. - No existe diferencia significativa.

**TABLA 25**

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO EN EL GRANO EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Nº	Tratamientos	Contenido de nitrógeno en el grano		
		Clave	Promedio (%)	Duncan 0.05
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	2	3.11	a
2	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L	4	3.01	a b
3	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L + 20-20-20 NPK	3	3.01	a b
4	Bioamino-L	6	2.97	a b
5	Testigo NPK +	1	2.91	a b
6	Testigo NPK-	5	2.82	b

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

En la prueba de rango múltiple de Duncan, se observó que 5 tratamientos se ubicaron en el primer lugar, desde el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L) con 3.11 % de nitrógeno en promedio, hasta el tratamiento 1 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp) con 2.91 % de nitrógeno en promedio. En el segundo y último lugar se ubicó el tratamiento 5 (Testigo fertilizado) con 2.82 % de nitrógeno en el grano, en promedio (Tabla 25).

### **Rendimiento por planta**

En el análisis de varianza realizado para el peso de granos por planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 8.36 % (Tabla 26).

**TABLA 26**

ANVA DEL RENDIMIENTO POR PLANTA (G/PLANTA) EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	505.856	101.171 NS	2.518	2.901	4.556
Bloques	3	363.860	121.287 NS	3.019	3.287	5.417
Error experimental	15	602.621	40.175			
Total	23	1472.338				
$S_{\bar{x}}$			3.169			
C.V. (%)			8.36			
Promedio			75.84 g/planta			

NS. - No existe diferencia significativa.

En la prueba de rango múltiple de Duncan, para el peso de grano por planta, se observó que 2 tratamientos se ubicaron en el primer lugar, siendo el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L) y el tratamiento 3 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L + 20-20-20 NPK) quienes obtuvieron 85.13 y 77.50 g de grano/planta en promedio. En el segundo lugar se ubicaron los tratamientos 4 (Bioamino-L), el tratamiento 1 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), el tratamiento 6 (Testigo absoluto) y el tratamiento 5 (Testigo fertilizado) quienes obtuvieron 74.46, 74.37, 72.33 y 71.25 g de grano/planta, respectivamente (Tabla 27).

**TABLA 27**

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL RENDIMIENTO POR PLANTA (G/PLANTA) EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

N°	Tratamientos	Rendimiento de grano		
		Clave	Promedio (g/planta)	Duncan 0.05
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	2	85.13	a
2	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L	3	77.50	a b
3	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L + 20-20-20 NPK	4	74.46	b
4	Bioamino-L	1	74.37	b
5	Testigo NPK +	6	72.33	b
6	Testigo NPK-	5	71.25	b

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

## Rendimiento por parcela

En el análisis de varianza realizado para el rendimiento de grano por parcela, se ha encontrado diferencia altamente significativa entre los tratamientos en estudio, sin embargo, no se ha encontrado diferencia significativa entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 9.27 % (Tabla 28).

**TABLA 28**

ANVA DEL RENDIMIENTO POR PARCELA (G/PARCELA) EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	181235.025	36247.005 **	5.062	2.901	4.556
Bloques	3	50705.048	16901.683 NS	2.361	3.287	5.417
Error experimental	15	107398.998	7159.933			
Total	23	339339.070				
$S_{\bar{x}}$			42.308			
C.V. (%)			9.27			
Promedio			912.44 g/parcela			

NS. - No existe diferencia significativa.

**TABLA 29**

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL RENDIMIENTO POR PARCELA (G/PARCELA) EN LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y UNA ENMIENDA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LA LÍNEA PPD 118-2013 EN EL VALLE DE ICA

Nº	Tratamientos	Clave	Rendimiento de grano seco		
			Promedio (g/parcela)	Promedio (kg/ha)*	Duncan 0.05
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	3	1,040.96	3,485.36	a
2	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L	2	975.34	3,265.65	a b
3	( <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Bioamino-L + 20-20-20 NPK	1	964.49	3,229.32	a b
4	Bioamino-L	4	870.80	2,915.62	b c
5	Testigo NPK +	6	814.83	2,728.20	c
6	Testigo NPK-	5	808.22	2,706.08	c

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

\*.- rendimiento estimado considerando un 25% menos por unidad de superficie.

En la prueba de rango múltiple de Duncan, para el peso de grano/parcela, se observó que 3 tratamientos se ubicaron en el primer lugar, siendo el tratamiento 3 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L + 20-20-20 NPK), el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L) y el tratamiento 1 (*Bacillus* sp + *Bradyrhizobium* sp) quienes obtuvieron 1040.96, 975.34 y 964.49 g de grano/planta en promedio, con un rendimiento estimado de 3,485.36; 3,265.65 y 3,229.32 kg/ha de grano seco, respectivamente. En el segundo lugar se ubicó el tratamiento 4 (Bioamino-L) con 870.80 g de grano/planta en promedio, equivalente a 2,915.62 kg/ha, en promedio y finalmente en el tercer lugar se ubicaron los tratamientos 6 (Testigo absoluto) y 5 (Testigo fertilizado) quienes obtuvieron 814.83 y 808.22 g de grano/planta en promedio, equivalentes a 2,728.20 y 2,706.08 kg/ha respectivamente (Tabla 29).

#### IV. DISCUSIÓN

Este trabajo de investigación se realizó en el vivero de fitomejoramiento de la Facultad de Agronomía, ubicado en la zona media del Valle de Ica, distrito de Subtanjalla. El suelo del campo experimental presentó una textura franco-arenosa (Tabla 1).

En lo que respecta a las características químicas, el suelo mostró una reacción alcalina y estaba libre de sales, según su conductividad eléctrica. Contenía un bajo nivel de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y materia orgánica. Sin embargo, el fósforo y el potasio disponibles se encontraban en proporciones medias. La capacidad de intercambio catiónico del suelo era baja, con una predominancia de los cationes calcio, magnesio, sodio y potasio, que se encontraban en proporciones medias (Tabla 2).

En cuanto a la presencia microelementos, se encontró una predominancia de cobre y boro, ambos con un contenido alto. El zinc, manganeso y hierro estaban presentes en cantidades medias (Tabla 3).

Las condiciones descritas indican que el suelo es de textura franco-arenosa y posee una buena fertilidad natural, condiciones en las cuales, el cultivo de pallar puede desarrollarse con normalidad. Para obtener buenos rendimientos de pallar, es necesario un manejo agronómico adecuado. Esto podría incluir la adición de materia orgánica al suelo para mejorar su contenido de nutrientes y su capacidad para retener agua, un buen manejo fitosanitario, control de malezas y disponer de recurso hídrico suficiente y oportuno para las plantas.

La presente investigación se estableció en condiciones de primavera - verano, la cual es una etapa en la cual no se acostumbra sembrar este cultivo en la región de Ica, se sembró en primavera (septiembre) y se cosechó en verano (enero). Durante este periodo, se observaron las siguientes condiciones climáticas.

En septiembre, el promedio de temperatura mínima fue de  $13.1^\circ\text{C}$ , la temperatura media fue de  $20.4^\circ\text{C}$  y la temperatura máxima alcanzó los  $28.4^\circ\text{C}$ .

A medida que avanzaban los meses hacia el verano, las temperaturas aumentaron. En enero, se registró una temperatura mínima de  $19.0^\circ\text{C}$ , una temperatura media de  $25.7^\circ\text{C}$  y una temperatura máxima de  $32.4^\circ\text{C}$ .

Las temperaturas mínimas y medias estuvieron dentro de un rango favorable para el cultivo de pallar. Sin embargo, las temperaturas máximas superaron los  $27^\circ\text{C}$ , lo cual es desfavorable para la etapa de floración, la cual es muy sensible al efecto térmico por encima de esta temperatura, siendo un factor limitante para la polinización en el cultivo de pallar, por superar el máximo de temperatura tolerable.

En septiembre, hubo un promedio de 170.7 horas de sol, debido a algunas nubosidades estacionales.

En octubre, las horas de sol aumentaron a un promedio de 237.7 horas, y continuaron incrementándose en noviembre y diciembre a 249.7 y 254.7 horas, respectivamente.

En enero, debido a las nubosidades de la temporada, las horas de sol descendieron a un promedio de 224.8 horas.

Con respecto al porcentaje de humedad relativa, para el mes de septiembre, durante la siembra, la humedad relativa fue alta, alcanzando el 78.2% debido a las nubosidades estacionales.

En los meses siguientes (octubre, noviembre, diciembre y enero), la humedad relativa disminuyó ligeramente a 74.8%, 75.2%, 74.2% y 72.8%, respectivamente (Tabla 4).

Las condiciones climáticas afectan los rendimientos de los cultivos, las altas temperaturas durante el verano no fueron las ideales para el cultivo de pallar, pero a pesar de eso, se lograron buenos rendimientos. Además, las horas de sol y la humedad relativa también jugaron un papel importante en el desarrollo del cultivo.

Con respecto al porcentaje de emergencia, en el presente estudio se ha encontrado que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Los promedios varían desde un 96.43 hasta un 84.53 % de emergencia (Tabla 11). No fue necesario realizar una resiembra y también es importante destacar que durante la siembra se colocaron 3 granos por golpe, lo que garantizó que en el desahije quedaran solo 2 plantas por golpe.

Estos resultados son ligeramente superiores a los promedios obtenidos por Foronda [18] quien reporta que las plantas inoculadas con las rizobacterias, alcanzaron alto porcentaje de emergencia, superando el 77 %, y como porcentaje de emergencia más bajo al testigo absoluto con 74.86 % de emergencia.

En relación con esto, [65] señalan que cuando se aplican biofertilizantes a las semillas, a las superficies de las plantas o a los suelos, estos colonizan la rizosfera o el interior de las plantas y favorecen su crecimiento, también promueven el crecimiento y desarrollo de mecanismos de defensa de las plantas y generan ambientes adversos contra organismos patógenos. Lo que puede evidenciarse con un mayor porcentaje de emergencia de plantas inoculadas.

En relación a las mediciones de la longitud de la parte aérea y radicular, no se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Las longitudes oscilaron desde 55.00 hasta 51.25 cm para la parte aérea y para la parte radicular se encontraban longitudes desde 34.25 hasta 30.38 cm (Tabla 13).

Los resultados del presente estudio, son ligeramente superiores a los reportados por Fernández y Torres [15], quienes encontraron que los tratamientos 14 (L1 – Rhizotec A) con una longitud

promedio de 52.75 cm y el tratamiento 13 (L1 – Rhizotec B) con 52.50 cm de longitud de la parte aérea, superaron significativamente a los demás tratamientos, estos resultados indican que los tratamientos con Rhizotec A y Rhizotec B tuvieron un mejor crecimiento en la parte aérea en comparación con los demás. En lo que respecta a la longitud de la parte radicular, los resultados encontrados en el presente estudio son superiores a los encontrados por Fernández y Torres [15], cuyos promedios más altos oscilaron entre 24.25 y 20.38 cm en promedio. Por otro lado, los tratamientos 4 (L1 PPD 130-13 Testigo NP) y el tratamiento 11 (L2 PPD 118-13 Testigo NP) obtuvieron 17.88 y 17.13 cm de longitud de la parte radicular, respectivamente, ubicándose ambos en último lugar.

Estos resultados difieren de Foronda [18], en su estudio con la misma línea de pallar, reporta que realizó las mediciones en plena floración, encontrando los mejores promedios entre 61.25 a 57.38 cm de longitud de follaje, superando significativamente al tratamiento 7 (Testigo absoluto). En lo que respecta a la parte radicular, estos resultados son muy similares en todos los tratamientos evaluados, sin diferencia significativa entre ellos, con valores entre 34.63 y 31.13 cm.

Con respecto al número de nódulos por planta, en el presente estudio se ha encontrado que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Los promedios varían desde 38.00 hasta 25.25 nódulos por planta (Tabla 15).

En relación al número de nódulos, los resultados obtenidos en este estudio superan los encontrados por Fernández y Torres [15]. Los promedios más altos de nódulos por planta oscilaron entre 26.918 y 18.708. Los tratamientos 6 (L1 -*Bacillus* + LMTR 28 – Rhizotec B) y el tratamiento 7 (L2 – Rhizotec A) presentaron los promedios más bajos, con 12.625 y 11.833 nódulos por planta, respectivamente.

Foronda [18], reporta que encontró diferencia significativa en la cantidad de nódulos por planta en diferentes tratamientos, la mayor cantidad de nódulos lo obtuvo el tratamiento 1 (*Bacillus* sp + *Rhizobium* sp.) con un promedio de 31.50 nódulos por planta. Por otro lado, el tratamiento 6 (Testigo fertilizado), presentó el menor valor con 10.75 nódulos por planta en promedio.

El número de nódulos por planta, es un carácter que no sigue una distribución normal; por lo que, en el presente estudio, se ha tenido que realizar la transformación de datos con la raíz cuadrada de los valores obtenidos y poder disminuir el error experimental [66].

En el caso de *Bacillus* sp., esta bacteria no establece una relación simbiótica con la planta, es decir, no forma nódulos. Sin embargo, su función como promotora del crecimiento radicular estimula el desarrollo de una densa cabellera de raíces, lo que indirectamente favorece la simbiosis entre la planta y la cepa fijadora de nitrógeno, observándose un mayor promedio de número de nódulos simbióticos por planta.

En relación al peso seco de la biomasa aérea y radicular, los mejores promedios oscilaron desde 38.23 hasta 32.92 g para la biomasa aérea, mientras que el tratamiento 5 (Testigo fertilizado) registro el menor valor con 28.05 g de peso seco de la biomasa aérea. En cuanto al peso seco de la biomasa radicular, los mejores promedios fueron desde 7.94 hasta 6.44 g, mientras que el tratamiento 6 (Testigo absoluto) registró el menor valor con 5.28 g (Tabla 17).

Los resultados de este estudio indican que el peso seco de la biomasa aérea es mayor que los valores reportados por Chuqui huaccha y Zarate [16]. Mientras que los mejores promedios en su estudio oscilaron entre 28.56 g y 21.06 g. Por otro lado, el tratamiento 10 (+N – con biol), con 18.70 g, el tratamiento 4 (LMTR 56009 – con biol) con 18.44 g y el tratamiento 11 (-N sin biol), con 17.80 g, presentaron los valores más bajos; no reporta datos de peso seco de la biomasa radicular.

Foronda [18], reporta que los mejores promedios fueron desde 46.94 a 45.33 g de peso seco de follaje, en promedio, superando significativamente al tratamiento 7 (Testigo absoluto) que obtuvo 32.96 g de peso seco de follaje. En relación al peso seco de la biomasa radicular, los valores obtenidos en este estudio son ligeramente más altos que los reportados por Foronda [18]. Se observa una diferencia altamente significativa entre los tratamientos. Los mejores tratamientos presentaron un peso seco de raíz que osciló entre 5.23 y 4.39 g, en promedio. Por otro lado, los tratamientos 5 (Alga Max Super) y 7 (Testigo absoluto) obtuvieron 4.21 y 4.15 gramos de peso seco de la raíz, respectivamente, ubicándose ambos en el último lugar.

Rizobacterias como *Bacillus* sp, *Bradyrhizobium* y el uso de enmiendas orgánicas como Bioamino-L, tienen un efecto positivo en el crecimiento y ganancia de peso seco de la planta tanto la parte aérea como la radicular.

En relación al número de vainas por planta, no se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Los mejores promedios oscilaron desde 19.58 hasta 17.46 vainas por planta, en promedio. Destaca el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L), que presentó la mayor cantidad de vainas por planta en comparación con los demás. Por otro lado, el tratamiento 3 (Enmienda orgánica Bioamino-I) y el tratamiento 6 (Testigo absoluto) obtuvieron 17.28 y 16.38 vainas por planta, ubicándose ambas en último lugar mostrando la menor cantidad de vainas por planta (Tabla 19).

Los hallazgos de este estudio sugieren que el número de vainas por planta supera los valores reportados por Fernández y Torres [15]. Los resultados son muy similares en todos los tratamientos, sin diferencia significativa entre ellos, con valores entre 9.50 y 7.67 vainas por planta, en promedio, donde las altas temperaturas durante la etapa reproductiva de la planta (Superiores a los 27 °C) parecen haber tenido un impacto significativo en la producción de vainas.

En comparación con los resultados reportados por Foronda [18], los valores obtenidos en este estudio son ligeramente superiores en cuanto al número de vainas. Se observa que los mejores promedios oscilaron entre 19.21 y 17.68 vainas para los tratamientos aplicados con productos biotecnológicos. Destaca el tratamiento 1 (*Bacillus* sp + *Rhizobium* sp.), que registró el mayor número de vainas por planta, con un promedio de 19.21 vainas. Por otro lado, el tratamiento 6 (Testigo fertilizado) obtuvo la menor cantidad de vainas por planta.

En relación al peso de 100 granos, los resultados del presente estudio indican que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Los resultados oscilaron desde 200.38 hasta 193.11 g en 100 granos, con promedios similares (Tabla 21).

En comparación con los resultados reportados por Chuquiaguaccha y Zarate [16], los valores obtenidos en este estudio son superiores en cuanto al peso de 100 granos. Los resultados son muy similares en todos los tratamientos, sin diferencia significativa entre ellos, con valores entre 155.78 y 148.78 g en 100 granos.

Asimismo, en comparación con los resultados reportados por Foronda [18], los valores obtenidos en este estudio también son superiores en cuanto al peso de los granos. Se observa que los mejores promedios oscilaron entre 167.74 y 164.17 gramos para los tratamientos con productos biotecnológicos. Por otro lado, los tratamientos 6 (Testigo fertilizado) y 7 (Testigo absoluto) obtuvieron 155.57 y 155.06 g en 100 granos, respectivamente, ubicándose ambos en último lugar y mostrando el peso más bajo.

Es relevante destacar que las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal *Bacillus* sp y *Bradyrhizobium* sp, junto con la enmienda orgánica Bioamino-L, contribuyeron a mejorar la formación y llenado del grano, lo que se tradujo en un incremento del peso en los tratamientos tratados con estos productos.

El porcentaje de grano sano, es un indicador importante de la calidad física y comercial del grano. Los resultados del presente estudio indican que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Los mejores promedios oscilaron desde 85 hasta 78 % de grano sano, en promedio. Destaca el tratamiento 4 (Bioamino-L), que presentó el porcentaje más alto de grano sano con un promedio de 85 % en comparación con los demás. Por otro lado, los tratamientos 6 (Testigo absoluto) y el tratamiento 5 (Testigo fertilizado) obtuvieron 76 y 75 % de grano sano en promedio, respectivamente, ubicándose ambos en último lugar y mostrando la menor cantidad de granos sanos (Tabla 23).

En relación al contenido de nitrógeno en el grano, no se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Los mejores promedios oscilaron desde 3.11 % hasta 2.91 % de nitrógeno en el grano, en promedio. Destacando el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L) que presentó la mayor cantidad de contenido de nitrógeno en el grano 3.11 %

en comparación con los demás. Por otro lado, el tratamiento 5 (Testigo fertilizado) obtuvo 2.82 % de nitrógeno en el grano, ubicándose en el último lugar mostrando la menor cantidad de porcentaje de nitrógeno en el grano (Tabla 25).

Los resultados obtenidos en este estudio muestran un contenido de nitrógeno en el grano ligeramente superior a los reportados por Foronda [18]. Según Foronda, no se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos. Los valores promedio oscilaron entre 2.75 y 2.61% de nitrógeno en el grano.

La evaluación del contenido de nitrógeno en los granos de pallar es de vital importancia. Estos granos no solo son portadores de proteínas esenciales, sino que también desempeñan un papel crucial en la seguridad alimentaria y la nutrición humana. El nitrógeno es un componente fundamental para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Su presencia en los granos de pallar influye directamente en su calidad nutricional. Al evaluar el porcentaje de nitrógeno, podemos comprender mejor la capacidad de estos granos para proporcionar los aminoácidos necesarios en la dieta humana.

En relación al rendimiento de grano por planta, que es un indicador crucial del potencial productivo de cada planta evaluada, los resultados no muestran una diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L) con un rendimiento de 85.13 g de grano/planta y el tratamiento 3 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L + 20-20-20 NPK) con un rendimiento de 77.50 g de grano/planta tienen los mejores rendimientos. Destacando el promedio del tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Bioamino-L), el cual presentó el mayor valor en rendimiento con 85.13 g de grano/planta en comparación con los demás. Por otro lado, los rendimientos más bajos se obtuvieron con los tratamientos 4 (Bioamino-L) con 74.46 g de grano/planta hasta el tratamiento 5 (Testigo fertilizado) con 71.25 g de grano/planta (Tabla 27).

Los resultados de este estudio indican que el rendimiento de grano por planta supera los valores reportados por Fernández y Torres [15]. Los mejores promedios oscilaron entre 62.36 y 50.99 g de granos/planta, en promedio. Destaca el tratamiento 12 (L1 -Rhizotec A) con la mayor cantidad de gramos de grano/planta con 62.36 g en comparación con los demás. Por otro lado, el tratamiento 14 (L2 PPD 118-13, Testigo NP+) obtuvo un promedio de 45.39 g de granos/planta, ubicándose en último lugar y mostrando el rendimiento más bajo.

En comparación con los resultados reportados por Foronda [18], los valores obtenidos en este estudio son ligeramente superiores en cuanto al grano por planta. Se observa que los mejores promedios oscilaron entre 82.37 g y 74.78 g de grano/planta. Por otro lado, los tratamientos 6 (Testigo fertilizado) y 7 (Testigo absoluto) obtuvieron 67.47 y 66.98 g de grano/planta, respectivamente, ubicándose ambos en último lugar y mostrando los rendimientos más bajos.

En relación al rendimiento de grano por parcela, los resultados muestran una diferencia altamente significativa entre tratamientos. El tratamiento 3 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.+ Bioamino-L + 20-20-20 NPK) con un rendimiento de 1,040.96g de grano/parcela equivalente a 3,485.36 kg/ha, el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.+ Bioamino-L) con un rendimiento de 975.34 g de grano/parcela equivalente a 3,265.65 kg/ha y el tratamiento 1 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) con un rendimiento de 964.49 g de grano/parcela equivalente a 3,229.32 kg/ha, presentaron los mejores rendimientos, destacando el tratamiento 3 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.+ Bioamino-L + 20-20-20 NPK), el cual presentó el máximo valor en rendimiento con 1,040.96 g de grano/parcela equivalente a 2,915.62 kg/ha de grano seco. Por otro lado, los tratamientos 6 (Testigo absoluto) con 814.83 g de grano/parcela equivalente a 2,728.20 kg/ha y el tratamiento 5 (Testigo fertilizado) con 808.22g de grano/parcela equivalente a 2,706.08 kg/ha presentaron los valores más bajos en rendimiento (Tabla 29).

Los resultados de este estudio indican que el rendimiento de grano por parcela supera los valores reportados por Chuquiaguaccha y Zarate [16]. No presentó diferencia significativa, sin embargo, los mejores resultados en su estudio oscilaron desde 890 hasta 700 g de granos/parcela, equivalentes a 2,781.25 Kg/ha y 2,187.50 Kg/ha en promedio. Por otro lado, los rendimientos más bajos oscilaron entre 650 y 530 g de grano/parcela, equivalentes a 2,031.25 Kg/ha y 1,656.25 Kg/ha.

Asimismo, en comparación con los resultados reportados por Foronda [18], quien con la misma línea de PPD 118-2013, obtuvo un rendimiento menor por parcela. No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. Los valores oscilaron entre 789.81 y 713.22 g de grano/parcelas equivalentes a 2,742.39 y 2,476.47 Kg/ha en promedio.

Teniendo en cuenta la época de siembra, las altas temperaturas y su efecto en la floración y cuajado de vainas, se puede decir que es un buen rendimiento. Lo que explica la eficacia de estos consorcios microbianos como lo es *Bradyrhizobium* y *Bacillus* sp en el cultivo de pallar, mejorando el rendimiento y desarrollo del cultivo de pallar, pudiendo prescindir del fertilizante nitrogenado, con un ahorro en el costo de producción.

## V. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta las condiciones agroclimáticas, del suelo y del manejo del cultivo en las que se llevó a cabo el presente trabajo de investigación, ubicado en la zona media del Valle de Ica, y de acuerdo con los resultados obtenidos, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- La aplicación de las rizobacterias, *Bradyrhizobium yuanmingense* y *Bacillus* sp, junto con una enmienda orgánica Bioamino-L, a la línea PPD 118-2013 de pallar precoz, tuvo un efecto positivo en los parámetros de rendimiento y calidad de grano del cultivo de pallar.
- La cepa seleccionada LMTR 28 de *Bradyrhizobium yuanmingense*, fue más infectiva y efectiva, en la inoculación de las plantas de la línea PPD 118-2013, llegando a presentar más de 26 nódulos por planta; aunque, los testigos sin inoculación mostraron que las cepas nativas presentes en el suelo también son infectivas, aunque menos efectivas.
- La aplicación combinada de las cepas de rizobacterias seleccionadas y la enmienda orgánica Bioamino-L, ha demostrado ser efectiva, logrando rendimientos satisfactorios de grano seco, superiores a 3.2 ton/ha, posibilitando la reducción del uso de fertilizantes sintéticos.
- La aplicación combinada de las cepas de rizobacterias seleccionadas y la enmienda orgánica Bioamino-L, mantiene la calidad nutricional del grano de pallar de la línea PPD 118-2013, alcanzando 3.11% de N, en promedio.

## VI. RECOMENDACIONES

Considerando los resultados obtenidos y de acuerdo con las conclusiones a las que se ha llegado a realizar al presente trabajo de investigación, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Repetir el presente trabajo de investigación en la misma época de siembra, pero utilizando parcelas de mayor tamaño, con una mayor población de plantas y un mayor número de plantas muestreadas por parcela.
- Promover la utilización de consorcios microbianos como *Bacillus* sp, *Bradyrhizobium* sp y otros microorganismos en el cultivo de pallar a través de investigación participativa con agricultores productores de pallar, facilitando la adopción de la innovación al observar los resultados in situ.
- Promover el uso de enmiendas orgánicas en combinación con microorganismos benéficos, en el manejo nutricional del cultivo de pallar, hacia una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.
- Fomentar el consumo de pallar en la población por su importante aporte nutricional y proteico a la alimentación humana, contribuyendo con la reducción de la desnutrición en sectores vulnerables.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. M. Espinoza de Arenas, "Asistencia técnica dirigida en Manejo y Sanidad en el cultivo de pallar," Guía Técnica, UNALM – AGROBANCO, 2012, p. 29.
- [2] A. Gutiérrez-Salgado, P. Gepts, and D. G. Debouck, "Evidence for two gene pools of the Lima bean, *Phaseolus lunatus* L., in the Americas," Gen. Res. Crop Evol., vol. 42, pp. 15-28, 1995.
- [3] MINAG (Ministerio de Agricultura) – INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual), "El Pallar de Ica – Denominación de Origen," 2007.
- [4] Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, "Tablas Peruanas de Composición de Alimentos," Décima edición, Lima, Perú, 2017, p. 146.
- [5] M. Zahid, M. K. Abbasi, S. Hameed, and N. Rahim, "Isolation and identification of indigenous plant growth promoting rhizobacteria from Himalayan region of Kashmir and their effect on improving growth and nutrient contents of maize (*Zea mays* L.)," Front. Microbiol., vol. 6, p. 207, 2015. [Online]. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00207>.
- [6] A. Armadans-Rojas, H. López-Nicora, G. Enciso-Maldonado, N. González-Andino y H. Gotz López-Moreira." Efecto de la inoculación de *Bradyrhizobium japonicum* en el rendimiento de vainas de chaucha (*Phaseolus vulgaris* L.)." Horticultura Argentina, vol. 42, no. 108, pp. 38-45, May/Jun 2020. Paraguay.
- [7] U. Ávila, M. E. Hernández y I. Pasarón, "Efecto de *Bradyrhizobium* sp. y micorrizas vesículo-arbusculares en la producción de semillas de *Pueraria phaseoloides*," Pastos y Forrajes, vol. 26, no. 4, 2003.
- [8] A. Romero-Arias, RM. Ruz-Reyes, MC. Nápoles-García, EJ. Gómez-Padilla, y S. Rodríguez-Rodríguez." Efecto de la aplicación de tres cepas de *Bradyrhizobium* en el desarrollo morfoagronómico de *Glycine max* L". Pastos y Forrajes, 42(4), 290-295.
- [9] S. Benintende, W. Uhrich, M. Herrera, F. Gangge, M. Sterren y M. Benintende, "Comparación entre coinoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* e inoculación simple con *B. japonicum* en la nodulación, crecimiento y acumulación de N en el cultivo de soja," Agriscientia, vol. 27, no. 2, pp. 71 -77, 2010.
- [10] F. D. Morla, G. A. Cerioni, O. Giayetto, E. C. Bianucci, A. L. Furlán, J. M. Peralta y S. Ja. "Efecto de la aplicación de una enmienda orgánica (Bioamino-L) sobre la actividad

- microbiana de la rizosfera, el rendimiento y la calidad comercial del maní". XXXIV Jornada Nacional del Maní. Gral Cabrera, Córdoba, Argentina. 2019
- [11] F. Camarena, V. Lazo, D. Saravia, A. Huaranga-Joaquín, P. Caycho, R. Quiñones y D. Zúñiga-Dávila. "Combinación de Cepas Bacterianas *Bradyrhizobium sp.* y *Bacillus sp.* como Biofertilizante y Biocontrolador en el Cultivo de Tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) en la Región Andina del Perú," Peruvian Journal of Agronomy, vol. 7, no. 1, pp. 51-68, 2023.
- [12] K. M. Lonazco P. "Co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en el rendimiento y calidad de ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*), Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional De San Cristóbal. Llachoccmayo - Chiara, Ayacucho. 2019. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5508>
- [13] G. Matos C. y D. Zúñiga D. "Comportamiento de cepas nativas de rizobios aisladas de la costa del Perú en dos cultivares de pallar (*Phaseolus lunatus L.*)," Ecología Aplicada, vol. 1, no. 1, pp. 19-24, 2002.
- [14] N. Santillana V. "Coinoculación de *Rhizobium* y *Bacillus* en el crecimiento de *Phaseolus Vulgaris* y *Pisum Sativum*, en invernadero, 2018," Investigación, vol. 27, no. 1, pp. 29-33, enero-junio 2019.
- [15] N.M. Fernández S. y A.F. Torres G. "Efectos de diferentes productos biotecnológicos en el rendimiento de dos líneas promisorias de pallar (*Phaseolus lunatus L.*) en Guadalupe-Ica." Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional "San Luis Gonzaga". Ica. 2018.
- [16] J.O Chuqui huaccha R. y L.I Zarate R. "Respuesta de *Phaseolus lunatus L.* (pallar), variedad 'Sol de Ica' a la inoculación con cepas seleccionadas de *Rhizobium sp.* y aplicación de biol, en el valle de Ica". Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional "San Luis Gonzaga". Ica. 2010.
- [17] J.M. Corilla C. y E.J Palacios P. "Respuesta de plantas de pallar (*Phaseolus lunatus L.*) a la inoculación con cepas seleccionadas de bacterias promotoras de crecimiento (PGPR)". Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional "San Luis Gonzaga". Ica. 2012.
- [18] L.J. Foronda G. "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. 2022.
- [19] A. Brack, "Perú: Diez mil años de domesticación," PNUD, Editorial Bruño, Proyecto FANPE, Lima, 2003, p. 160.

- [20] A. Brack, "Tratado de libre comercio y biodiversidad del Perú," Cent. Amaz. Antropol. y Apl. Práctica, Lima, Perú, vol. 3, 2004.
- [21] D. Debouck, "La búsqueda de la diversidad genética en *Phaseolus* en los tres centros americanos como servicio de fitomejoramiento del cultivo," CIAT. Seminarios Internos, SE – 2 – 86, 1986.
- [22] F. Camarena, "La Biodiversidad de las leguminosas," en Curso Taller Regional de Costa: Conservación "In situ" de las especies nativas y sus parientes silvestres, Huaraz, Lima, Perú, 2001.
- [23] L. M. Espinoza de Arenas, "Mejoramiento genético del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) por cruzamiento entre cultigrupos Big Lima, Sieva y Potato en la costa centro-sur del Perú," Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, Escuela de Post Grado, Especialidad en Mejoramiento Genético de Plantas, No. F30 E87-T, 2005.
- [24] J. Vásquez Cuentas, "El cultivo del pallar," in Manual, N. 2, Instituto Nacional de Investigación Agraria, 1997.
- [25] L. M. Espinoza de Arenas, "Situación actual del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en el Perú: potencialidades y riesgos," Siembra, vol. 9, 2022.
- [26] C. Cabrera Vigil and J. Silva Guzmán, "Manual del Cultivo del Pallar," Fondo Empleo y CEDEP-Perú, Ica, Perú, 2008.
- [27] D. H. McNear Jr., "The rhizosphere - roots, soil and everything in between," Nat. Educat. Knowledge, vol. 4, no. 1, pp. 1, 2013.
- [28] D. Molina-Romero, M. Bustillos-Cristales, O. Rodríguez-Andrade, Y. E. Morales-García, Y. Santiago-Saenz, M. Castañeda-Lucio, and J. Muñoz-Rojas, "Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en América y potencial biotecnológico," Biológicas, vol. 17, pp. 24-34, 2015.
- [29] J. Kloepper and M. Schroth, "Plant growth-promoting rhizobacteria in radish," in Proceedings of the 4th International Conference on Plant Pathogenic Bacteria, vol. 2, INRA, Angers, France, pp. 879-882, 1978.
- [30] J. P. Verma, J. Yadav, K. N. Tiwari, Lavakush, and V. Singh, "Impact of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Crop Production," Int. J. Agric. Res., vol. 5, no. 11, pp. 954-983, 2010.
- [31] B. R. Glick, "The enhancement of plant growth by free living bacteria," Can. J. Microbiol., vol. 41, pp. 109-117, 1995.

- [32] J. Sorensen, L. E. Jensen, y O. Nybroe, "Suelo y rizosfera como hábitat de inoculantes *Pseudomonas*: Los nuevos conocimientos sobre la distribución, actividad y estado fisiológico derivado de estudios de células individuales a escala microscópica," *Planta de suelo*, pp. 97-108, 2009.
- [33] G. D. Bowen y A. D. Rovira, "La rizosfera y su gestión para mejorar el crecimiento de las plantas," *Adv. Agron.*, vol. 66, pp. 1-102, 2009.
- [34] R. Martínez Viera, "Ciclo biológico del nitrógeno en el suelo". La Habana, Cuba: Editorial Científico Técnica, 1986.
- [35] R. García-Trujillo, "Tendencias mundiales de la Agricultura Orgánica," en *Conferencias y Mesas Redondas, Primer Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica*, ISCAH, La Habana, Cuba, 1993, p. 1.
- [36] FAO. 2015. *World Fertilizer trends and Outlook to 2018*. Roma, Italia. 29 p.
- [37] J. W. Kloepper, "Plant growth-promoting rhizobacteria as biological control agents," en F. B. Metting Jr. (Ed.), *Soil Microbial Ecology: Applications in Agricultural and Environmental Management*, Marcel Dekker, Inc., 1993, pp. 255-274.
- [38] J. W. Kloepper, "Plant growth promoting rhizobacteria (other system)," en Y. Okon (Ed.), *Azospirillum/Plant Association*, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 1994, pp. 135-166.
- [39] L. C. van Loon, P. Bakker, y C. M. J. Pieterse, "Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria," *Annual Review of Phytopathology*, vol. 36, pp. 453-483, 1998.
- [40] I. A. Stringlis, S. Proietti, R. Hickman, M. C. Van Verk, C. Zamioudis, y C. M. J. Pieterse, "Root transcriptional dynamics induced by beneficial rhizobacteria and microbial immune elicitors reveal signatures of adaptation to mutualists," *Plant J.*, vol. 93, pp. 166-180, 2018, Disponible en: doi: 10.1111/tpj.13741.
- [41] D. Jordan, "Transfer of *Rhizobium japonicum* Buchanan 1980 to *Bradyrhizobium* gen. nov., a genus of slow-growing, root nodule bacteria from leguminous plants," *Int. J. Syst. Bacteriol.*, vol. 32, no. 1, pp. 136-9, 1982.
- [42] L. Lloret y E. Martínez-Romero, "Evolución y filogenia de *Rhizobium*," *Rev. Latinoam. Microbiol.*, vol. 47, pp. 43-60, 2005.
- [43] H. Antoun y D. Prevost, "Ecology of Plant Growth Promoting Rhizobacteria," en *Biocontrol y Biofertilización*, pp. 1-38, 2005.
- [44] J. Raymond, J. Siefert, C. Staples y R. Blankenship, "The natural history of nitrogen fixation," *Mol. Biol. Evol.*, vol. 21, no. 3, pp. 541-54, 2004.

- [45] L. Chueire, E. Bangel, F. Mostasso, R. Campo, F. Pedrosa y M. Hungria, "Classificação taxonômica das estirpes de rizóbio recomendadas para as culturas da soja e do feijoeiro baseada no seqüenciamento do gene 16s rRNA," *Rev. Bras. Ciência do Solo*, vol. 27, no. 5, pp. 833–40, 2003.
- [46] P. C. Caballero Romero, R. A. Ferreira Arce, H. Nakayama Nakashima, y T. C. M. de Investigaciones Tecnológicas, "Caracterización morfológica de aislados nativos de *Bradyrhizobium* sp. y tolerancia a condiciones de estrés," Universidad Nacional de Asunción - Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica - Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas, 2018.
- [47] M. Coyne, *Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio*. Paraninfo D. L. Madrid, España, 2000.
- [48] A. Torriani-Gorini, "Regulation of phosphate metabolism and transport," pp. 1-4 in *Phosphate in Microorganisms: Cellular and Molecular Biology*, A. Torriani-Gorini, E. Yagil, and S. Silver (eds), ASM Press, Washington, DC, USA, 1994.
- [49] A. E. Richardson, "Soil microorganisms and phosphorus availability," pp. 50–62 in *Soil Biota: Management in Sustainable Farming Systems*, C. E. Pankhurst, B. M. Doube, W. S. R. Gupta, y P. R. Grace (eds), Commonwealth Scientific Institute Research Organization, Melbourne, Australia, 1994.
- [50] R. M. N. Kucey, "Phosphate-solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soil," *Can. J. Soil Sci.*, vol. 63, pp. 671-678, 1983.
- [51] B. Tejera-Hernández y M. M. Rojas-Badía, "Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos," *Rev. CENIC. Ciencias Biológicas*, vol. 42, no. 3, pp. 131-138, 2011. [En línea]. Disponible en: <https://revista.cnic.cu/index.php/RevBiol/article/view/556>
- [52] J. C. Anguiano-Cabello, A. Flores-Olivas, V. Olalde-Portugal, R. Arredondo-Valdés y E. I. Lared-Alcalá, "Evaluación de cepas de *Bacillus subtilis* como promotoras de crecimiento vegetal," *Rev. Bio Ciencias*, vol. 6, p. e418, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/418>
- [53] N. Kokalis-Burelle, J. W. Kloepper y M. S. Reddy, "Plant growth promoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms," *Appl. Soil Ecol.*, vol. 31, pp. 91–100, 2006.
- [54] G. Kaur y M. S. Reddy, "Influence of P-solubilizing bacteria on crop yield and soil fertility at multilocational sites," *Eur. J. Soil Biol.*, vol. 61, pp. 35-40, 2014.

- [55] H. Rodríguez y R. Fraga, "Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion," *Biotechnol. Adv.*, vol. 17, pp. 319-39, 1999.
- [56] S. Nakeeran, W.G. Dilantha Fernando, y Z.A. Siddiqui, "Plant Growth Promoting Rhizobacteria Formulations and its Scope in Commercialization for the Management Of Pests and Diseases," en *PGPR: Biocontrol and Biofertilization*, Z.A. Siddiqui (Ed.), Springer, Dordrecht, The Netherlands, 2005, pp. 257-296.
- [57] FAO. 2021. "Uso de enmiendas orgánicas en el suelo". América Latina y el Caribe. Chile, Prácticas. Disponible en: <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1618077/>
- [58] J. Picado y A. Añasco, Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos, CEDECO, ed., vol. I, Serie Agricultura Orgánica N°7, San José, Costa Rica, 2005, 66 p.
- [59] R. D. Bardgett y W. H. Van Der Putten, "Belowground biodiversity and ecosystem functioning," *Nature*, vol. 515, no. 7528, pp. 505–11, 2014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/nature13855>.
- [60] T. Mahanty, S. Bhattacharjee, M. Goswami, P. Bhattacharyya, B. Das, A. Ghosh, et al., "Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 24, no. 4, pp. 3315–35, 2017. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-016-8104-0>.
- [61] M. S. Islam, M. H. Khan, y M. S. Hossain, "Effects of different levels of soil moisture and indigenous organic amendments on the yield of boro rice grown under field condition," *Dhaka University Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, vol. 7, no. 1, pp. 58-68, enero-junio 2020. [Online]. Disponible en: <https://doi.org/10.3329/dujbs.v29i1.46534>.
- [62] H. C. Lepsch, P. H. Brown, C. A. Peterson, A. C. M. Gaudin y S. D. S. Khalsa, "Impact of organic matter amendments on soil and tree water status in a California orchard," *Agricultural Water Management*, vol. 222, pp. 204-212, 2019. [Online]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.06.002>.
- [63] A. Cervera-Mata, S. Pastoriza, J. A. Rufián-Henares, J. Párraga, J. M. Martín-García y G. Delgado, "Impact of spent coffee grounds as organic amendment on soil fertility and lettuce growth in two Mediterranean agricultural soils," *Arch. Agron. Soil Sci.*, vol. 64, no. 6, pp. 780-804, 2018. [En línea]. DOI: 10.1080/03650340.2017.1387651.
- [64] FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), "El futuro de la alimentación y la agricultura: Tendencias y desafíos," 2017. Consultado el 3 de marzo de 2019.

- [65] M. D. L. Adriano Anaya, R. Jarquín Gálvez, C. Hernández Ramos, M. S. Figueroa, y C. T. Monreal Vargas, "Biofertilización de café orgánico en etapa de vivero en Chiapas, México," *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, vol. 2, no. 3, pp. 417-431, 2011.
- [66] J. Calzada B. "Métodos estadísticos para la investigación", 1970.
- [67] G. J. Noa R. y N. M. Quispe P. Influencia térmica en la fenología de dos líneas promisorias de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) precoz, en Subtanjalla – Ica. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional "San Luis Gonzaga". Ica. 86 p. 2021.

## VIII. ANEXOS

### 8.1. Anexo 1: Análisis del suelo y micronutrientes.


PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
<b>Textura</b>				
Arena	74.91	%	MES - 001	Bouyoucos
Limo	13.96	%		
Arcilla	11.13	%		
Clase Textural	<b>FRANCO ARENOSO</b>			
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
<b>Cationes Cambiables</b>				<b>Extractante: Ac. Amonio</b>
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
<b>Micronutrientes Disponibles</b>				<b>Extractante: DTPA</b>
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
				<b>Extractante: CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O</b>
Boro	2.16	ppm.	MES - 022	Colorimétrico

**DONDE:**


ES : Extracto de Saturación.	% : Masa / Masa.
(1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.	ppm : mg / Kg.
P.S.I : Porcentaje de Sodio Intercambiable.	MES : Método Propio del Laboratorio.
C.I.C.E. : Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.	FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.


**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: 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: Contenido de nitrógeno en el grano.



**VALLE GRANDE**  
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : BRYAN RUBEN MITMA ASTOCAZA

ANÁLISIS Nº : 335- 01F - 12F - 2024

PREDIO : FUNDO ARRABALES

LUGAR : ICA

MATRIZ : FRUTOS DE PALLAR

FECHA DE RECEP. : 14/03/2024

### INFORME DE ANÁLISIS : ESPECIAL

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	% NITRÓGENO
335-01F-2024	B - 101	2.99
335-02F-2024	B - 102	2.83
335-03F-2024	B - 103	2.85
335-04F-2024	B - 104	2.94
335-05F-2024	B - 105	3.07
335-06F-2024	B - 106	3.28
335-07F-2024	B - 201	2.94
335-08F-2024	B - 202	2.83
335-09F-2024	B - 203	3.14
335-10F-2024	B - 204	3.06
335-11F-2024	B - 205	3.03
335-12F-2024	B - 206	3.13

Los resultados están expresados en base seca ( Temperatura de secado 70 ° C )

Técnica usada : Dumas  
% : masa / masa

#### NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: 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

## Anexo 2: Contenido de nitrógeno en el grano... (continuación)



# VALLE GRANDE

Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : BRYAN RUBEN MITMA ASTOCAZA

ANÁLISIS Nº : 335- 13F - 24F - 2024

PREDIO : FUNDO ARRABALES

LUGAR : ICA

MATRIZ : FRUTOS DE PALLAR

FECHA DE RECEP. : 14/03/2024

### INFORME DE ANÁLISIS : ESPECIAL

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	% NITRÓGENO
335-13F-2024	B - 301	3.18
335-14F-2024	B - 302	3.15
335-15F-2024	B - 303	3.00
335-16F-2024	B - 304	2.82
335-17F-2024	B - 305	2.77
335-18F-2024	B - 306	3.02
335-19F-2024	B - 401	3.03
335-20F-2024	B - 402	3.08
335-21F-2024	B - 403	2.75
335-22F-2024	B - 404	2.84
335-23F-2024	B - 405	2.53
335-24F-2024	B - 406	3.03

Los resultados están expresados en base seca ( Temperatura de secado 70 °C )

Técnica usada : Dumas  
% : masa / masa

#### NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: 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

### 8.3. Anexo 3: 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 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: **Bryan Rubén Mitma Astocaza**

### PROYECTO DE TESIS - EN AGRONOMIA

**"Efecto de la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de una línea de pallar (Phaseolus lunatus L.) precoz en el valle de Ica".**



Firma Digital  
 Firmado digitalmente por ROSAS LUJAN Ricardo Antonio FAU 2013136028 soft  
 Motivo: Soy el autor del documento  
 Fecha: 02.04.2024 11:31:21 -05:00

Ica, 01 de abril del 2024  
 Parque Industrial MZA lote 5-Ica  
 Telef. 056-228902  
[www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

**Anexo 3: 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

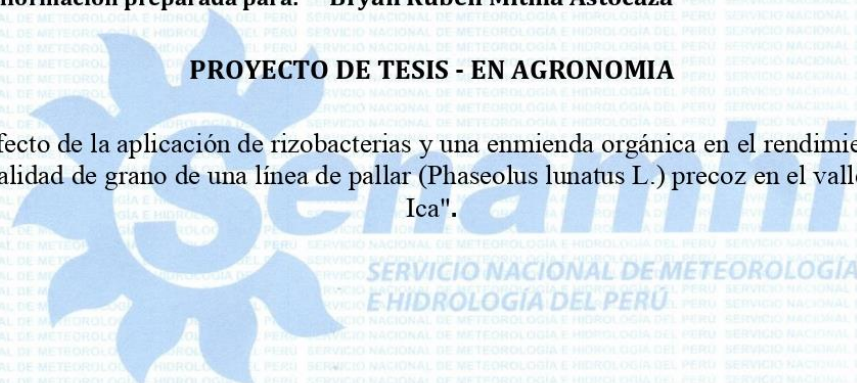
**Parámetro : Temperatura Media Mensual (°C) Mes: Set-Dic (2023) y Ene (24)**

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: **Bryan Rubén Mitma Astocaza**

**PROYECTO DE TESIS - EN AGRONOMIA**

"Efecto de la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de una línea de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) precoz en el valle de Ica".



Firma Digital  
**Senamhi**  
 Firmado digitalmente por ROSAS LUJAN Ricardo Antonio FAU 20131366028 soft  
 Motivo: Soy el autor del documento  
 Fecha: 02.04.2024 11:30:43 -0500

**Ica, 01 de abril del 2024**  
 Parque Industrial MZ A lote 5-Ica  
 Telef. 056-228902  
[www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)

**VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL**

**Anexo 3: 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

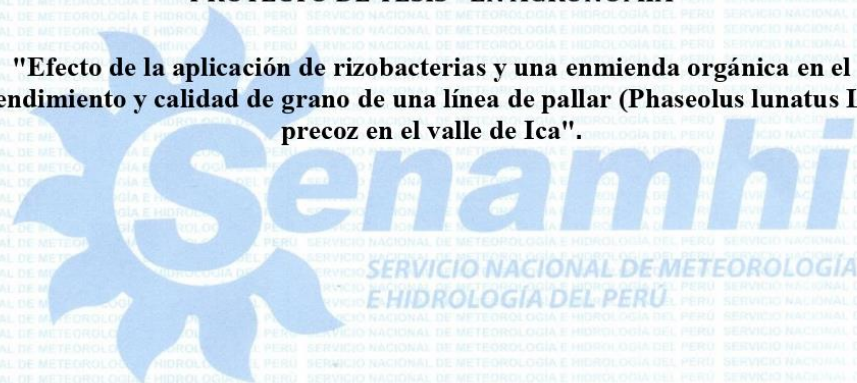
**Parámetro : Temperatura Máxima Mensual (°C) Mes: Set-Dic (2023) y Ene (24)**

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: Bryan Rubén Mitma Astocaza**

**PROYECTO DE TESIS - EN AGRONOMIA**

**"Efecto de la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de una línea de pallar (Phaseolus lunatus L.) precoz en el valle de Ica".**



Firma Digital  
 Firmado digitalmente por ROSAS LUJAN Ricardo Antonio FAU 20131885028 soft  
 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](http://www.senamhi.gob.pe)

**VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL**

**Anexo 3: 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 : Horas de Sol Total Mensual (HS)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
2023	-	-	-	-	-	-	-	-	170.7	237.7	249.7	254.7
2024	224.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Información preparada para: **Bryan Rubén Mitma Astocaza**

**PROYECTO DE TESIS - EN AGRONOMIA**

**"Efecto de la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de una línea de pallar (Phaseolus lunatus L.) precoz en el valle de Ica".**



Firma Digital  
 Firmado digitalmente por ROSAS LUJAN Ricardo Antonio FAU 2013186028 soft  
 Motivo: Soy el autor del documento  
 Fecha: 02.04.2024 11:31:36 -05:00

Ica, 01 de abril del 2024  
 Parque Industrial MZ A lote 5-Ica  
 Telef. 056-228902  
[www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)

**Anexo 3: 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 (%)**

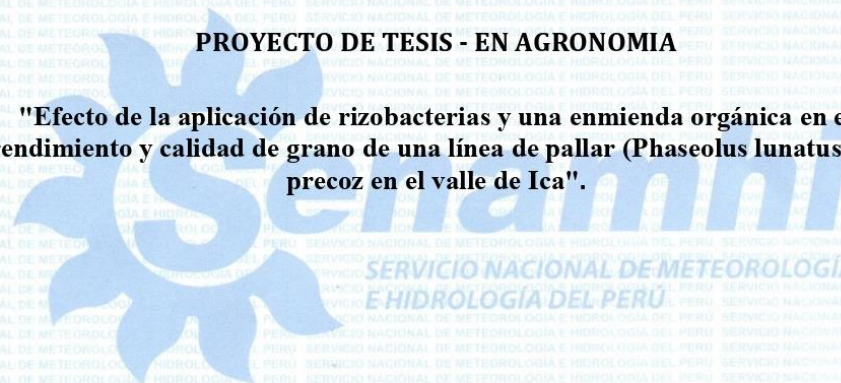
**Periodo: Set-Dic 2023 y Ene 2024**

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: Bryan Rubén Mitma Astocaza**

**PROYECTO DE TESIS - EN AGRONOMIA**

**"Efecto de la aplicación de rizobacterias y una enmienda orgánica en el rendimiento y calidad de grano de una línea de pallar (Phaseolus lunatus L.) precoz en el valle de Ica".**



Firmado digitalmente por ROSAS LUJAN Ricardo Antonio FAU 2013198028 soft Motivo: 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](http://www.senamhi.gob.pe)

**VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL**

#### 8.4. Anexo 4: Datos para análisis estadísticos.

Porcentaje de emergencia (%)				
Trat	I	II	III	IV
1	90.48	90.48	90.48	85.71
2	95.24	71.43	80.95	90.48
3	85.71	85.71	90.48	100.00
4	90.48	95.24	95.24	76.19
5	90.48	100.00	100.00	95.24
6	85.71	95.24	76.19	90.48

Longitud de la parte aérea (cm)				
Trat	I	II	III	IV
1	55.50	56.50	51.50	53.00
2	52.50	58.50	55.00	46.50
3	56.50	53.00	53.00	57.50
4	50.50	51.00	50.50	53.00
5	49.50	52.50	52.00	53.00
6	54.50	51.00	52.00	53.50

Longitud de la parte radicular (cm)				
Trat	I	II	III	IV
1	35.00	33.00	30.50	31.50
2	37.00	37.00	36.00	27.00
3	34.50	35.00	34.50	33.00
4	29.50	33.50	33.00	31.50
5	27.50	33.50	38.00	31.00
6	29.50	32.00	32.50	27.50

Raíz cuadrada de nódulos por planta				
Trat	I	II	III	IV
1	6.75	6.60	4.30	4.12
2	8.92	5.29	5.15	4.24
3	6.63	4.95	4.00	4.06
4	8.54	4.90	3.08	3.74
5	5.24	5.48	5.15	5.10
6	5.66	5.66	4.64	4.64

Peso seco de la biomasa aérea (g)				
Trat	I	II	III	IV
1	41.31	30.44	30.50	39.25
2	36.12	45.97	39.16	31.66
3	34.58	29.57	33.13	34.38
4	35.37	34.34	40.67	33.87
5	21.90	27.88	30.99	31.43
6	38.36	30.09	39.74	40.59

Peso seco de la biomasa radicular (g)				
Trat	I	II	III	IV
1	8.58	6.81	6.98	5.95
2	8.90	6.89	8.69	7.26
3	6.15	5.91	5.72	7.99
4	5.09	7.22	6.86	7.06
5	5.50	6.37	7.91	6.62
6	4.15	5.82	5.12	6.04

Numero de vainas por planta (U)				
Trat	I	II	III	IV
1	18.83	15.00	17.81	18.67
2	18.33	20.33	19.67	20.00
3	15.50	17.48	18.33	19.83
4	15.17	17.83	17.61	18.50
5	17.50	15.00	19.17	18.17
6	15.50	17.17	15.33	17.52

Peso de 100 granos (g)				
Trat	I	II	III	IV
1	204.00	195.00	199.00	201.00
2	192.00	201.00	197.50	211.00
3	197.50	199.00	201.00	192.00
4	194.92	193.00	196.50	192.00
5	191.50	195.50	195.42	190.00
6	195.00	194.00	195.61	191.00

Porcentaje de grano sano (%)				
Trat	I	II	III	IV
1	75%	81%	78%	77%
2	84%	85%	71%	70%
3	81%	87%	78%	82%
4	78%	91%	89%	80%
5	73%	74%	78%	76%
6	70%	82%	77%	75%

Contenido de "N" en el grano (%)				
Trat	I	II	III	IV
1	2.85	2.94	3.02	2.84
2	3.07	3.14	3.18	3.03
3	2.99	3.13	2.82	3.08
4	3.28	3.06	3.15	2.53
5	2.94	2.83	2.77	2.75
6	2.83	3.03	3.00	3.03

**Anexo 4: Datos para análisis estadísticos... (continuación)**

<b>Rendimiento por planta (g)</b>				
Trat	I	II	III	IV
1	79.17	61.17	74.47	82.67
2	76.33	90.67	88.67	84.83
3	66.67	77.00	80.33	86.00
4	72.82	75.67	65.67	83.67
5	68.67	73.48	66.50	76.33
6	62.33	77.83	71.83	77.33

<b>Rendimiento por parcela (g)</b>				
Trat	I	II	III	IV
1	1029.00	802.67	926.66	1099.64
2	890.17	1066.55	953.40	991.25
3	960.56	997.11	1017.33	1188.83
4	872.51	859.83	830.67	920.18
5	838.60	796.83	703.50	893.93
6	655.67	917.00	845.46	841.17

### 8.5. Anexo 5: Panel fotográfico.



Figura 2. Inoculación de semillas



Figura 3. Impregnación de rizobacterias



Figura 4. Siembra



Figura 5. Emergencia de plantas



Figura 6. Colocacion de trampas de melaza



Figura 7. Aplicaciones foliares.



Figura 8. Aplicación de la enmienda orgánica Bioamino-L.

**Anexo 5: Panel fotográfico... (continuación)**



Figura 9. Extracción de plantas para evaluación de nodulos.



Figura 10. Extracción de plantas para evaluación de la parte aérea.



Figura 11. Llenado de vainas.



Figura 12. Maduración de vainas.



Figura 13. Recolección de vainas para evaluación.

**Anexo 5: Panel fotográfico... (continuación)**



Figura 14. Evaluación de numero de vainas.

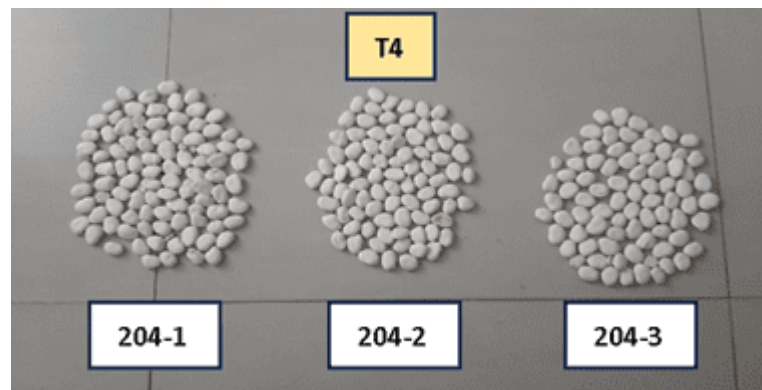


Figura 15. Grano de pallar PPD 118-2013.



Figura 16. Evaluación del rendimiento.