



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

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



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

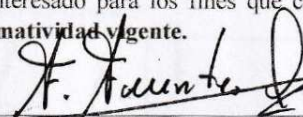
CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE TESIS N°050-2023

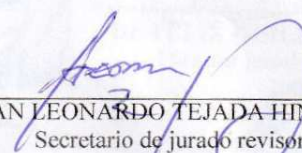
En la Unidad de Investigación de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, de la ciudad de Ica, se expide la presente Constancia de Revisión de Autenticidad de Trabajos de Tesis luego de cumplir con la evaluación mediante el **SOFTWARE ANTIPLAGIO** de la Universidad Nacional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


ITEMS	DATOS
OPERADOR DE PROGRAMA INFORMÁTICO DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD	Lissett Augusta Peche Valenzuela
FECHA DEL ANÁLISIS	Ica, 03 de Noviembre de 2023
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO POR:	ANTEZANA SULLCA JOSÉ ANTONIO
TRABAJO DE TESIS TITULADO:	Respuesta en el rendimiento y contenido de nitrógeno de Phaseolus lunatus L. precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica
FACULTAD	AGRONOMÍA
TRAMITE	EVALUACIÓN DE SIMILITUD
RESULTADO	APROBADO
PORCENTAJE DE AUTENTICIDAD	94%
PORCENTAJE DE SIMILITUD	06%
OBSERVACIONES	<ul style="list-style-type: none"> Se analizó la TESIS mediante el programa informático iThenticate. Se consideró la exclusión de cadenas sintácticas de 40 palabras, se adjunta pantallazo de la exclusión. <p><i>(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.)</i></p>

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. FELIX FUENTES QUIJANDRIA
 Presidente de jurado revisor


 Mag. JUAN LEONARDO TEJADA-HINOJOZA
 Secretario de jurado revisor


 Mag. PEDRO AQUIJE GOMEZ
 Vocal de jurado revisor


 Dra. LUZ MARINA ESPINOZA DE ARENAS
 Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICE RECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Agronomía



Respuesta en el rendimiento y contenido de nitrógeno de *Phaseolus lunatus* L. precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica

Línea de investigación: Ciencias naturales, Ingeniería y Tecnologías sostenibles.

INFORME FINAL DE TESIS

ANTEZANA SULLCA JOSÉ ANTONIO

Ica, Perú

2023

DEDICATORIA

A DIOS

Quien siempre me acompaña
y me guía en el camino del bien,
siendo mi fortaleza en los momentos
difíciles y momentos de felicidad.

A MIS PADRES

PAULINO Y DORIS

Quienes con sus invalorable
consejos, su gran cariño y apoyo
incondicional me impulsaron para
lograr alcanzar esta meta tan
ansiada

A MIS HERMANOS

MARIBEL, MARCO Y NELLY

Por su gran apoyo moral
y ayuda incondicional.

AGRADECIMIENTOS

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

A los docentes de la Facultad de Agronomía por brindarme sus valiosas enseñanzas, que guían el porvenir de mi profesión.

A la Ing. M. Sc. Luz Espinoza de Arenas, catedrática de la Facultad de Agronomía, asesora de la presente tesis, por su acertada orientación.

Al Ing. Guillermo Espino Tipismana, Co-asesor del presente trabajo de investigación por su valiosa colaboración.

Al Ing. Fredy Yupanqui, por permitirme realizar el trabajo de investigación en un campo del fundo Agrorgánica.

A mis compañeros de estudio, por la gran amistad que siempre supieron brindarme.

INDICE GENERAL

	Pág.
Carátula	
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice general	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. Introducción	01
1.1 Planteamiento del problema	02
1.2 Justificación e importancia de la Investigación	12
1.3 Hipótesis y variables	13
1.4 Objetivos de investigación	14
II. Estrategia metodológica	15
2.1 Materiales	15
2.2 Métodos	17
III. Resultados	28
IV. Discusión	36
V. Conclusiones	45
VI. Recomendaciones	46
VII. Referencias bibliográficas	47
VIII. Anexos	51
8.1 Análisis de suelo	
8.2 Observaciones meteorológicas	
8.3 Características de la línea de pallar	
8.4 Características de las rizobacterias	
8.5 Variables evaluadas	
8.6 Panel fotográfico	

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Análisis Físico – Mecánico del Suelo	15
Tabla 2. Análisis químico del suelo	16
Tabla 3. Observaciones meteorológicas de setiembre 2020 a enero 2021	16
Tabla 4. Tratamientos en estudio	17
Tabla 5. Cronograma de riegos	22
Tabla 6. Cronograma de aplicaciones foliares	22
Tabla 7. Cronograma de deshierbos	23
Tabla 8. Cronograma de manejo fitosanitario	24
Tabla 9. Análisis de Varianza del porcentaje de emergencia en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	28
Tabla 10. Prueba de Rango Múltiple de Duncan del porcentaje de emergencia en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	28
Tabla 11. Análisis de Varianza de la parte aérea de la planta en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	29
Tabla 12. Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la parte aérea de la planta en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	29
Tabla 13. Análisis de Varianza de la longitud de la parte radicular en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	29
Tabla 14. Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte radicular en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	30
Tabla 15. Análisis de Varianza del peso seco de la biomasa aérea en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	30
Tabla 16. Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la biomasa aérea en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	30

Tabla 17.	Análisis de Varianza del número de nódulos por planta, transformados por $\sqrt{\quad}$ en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	31
Tabla 18.	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de nódulos por planta, transformados por $\sqrt{\quad}$ en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	31
Tabla 19.	Análisis de Varianza del contenido de N en el grano en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	32
Tabla 20.	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del contenido de N en el grano en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	32
Tabla 21.	Análisis de Varianza del número de vainas por planta en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	32
Tabla 22.	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de vainas por planta en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	33
Tabla 23.	Análisis de Varianza del número de vainas por planta en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	33
Tabla 24.	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de vainas por planta en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	33
Tabla 25.	Análisis de Varianza del peso de 100 granos en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	34
Tabla 26.	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de 100 granos en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	34
Tabla 27.	Análisis de Varianza del peso de granos por planta en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	35
Tabla 28.	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de granos por planta en la respuesta en rendimiento y contenido de N de pallar precoz a la inoculación con rizobacterias en Subtanjalla-Ica.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Croquis experimental	19
Figura 2. Rendimiento de grano de pallar en la coinoculación con rizobacterias	35
Figura 3. Preparación del terreno	60
Figura 4. Inoculación de la semilla	60
Figura 5. Colocación de cintas de riego	60
Figura 6. Riego por goteo	60
Figura 7. Emergencia de plantas	60
Figura 8. Manejo fitosanitario	60
Figura 9. Identificación del campo experimental	61
Figura 10. Inicio de floración	61
Figura 11. Formación de vainas	61
Figura 12. Evaluación de nódulos	62
Figura 13. Evaluación de madurez	62
Figura 14. Evaluaciones	62
Figura 15. Madurez de vainas	62
Figura 16. Evaluación de granos	62
Figura 17. Peso de 100 granos	62

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la respuesta a la coinoculación con rizobacterias en rendimiento y contenido de Nitrógeno en el grano de pallar precoz, se planificó investigar en condiciones edafoclimáticas del valle de Ica, en un suelo de textura franco arenoso, con bajo contenido de materia orgánica y nitrógeno, alto en fósforo, reacción moderadamente alcalina, capacidad media de intercambio catiónico. Los tratamientos fueron: T1(*Bacillus* sp.+ *Bradyrhizobium* sp.), T2(*Bacillus* sp. + *B. yuanmingense*), T3(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + *B. yuanmingense*), T4(testigo fertilizado), T5(testigo absoluto) que se evaluaron en Diseño en Bloques Complemente al Azar, con cinco repeticiones. No hubo diferencia significativa en el porcentaje de emergencia, longitud de la parte aérea y radicular, peso de 100 granos, nódulos por planta y contenido de N; el T3 y el testigo fertilizado, con 46.46 y 44.50 g de peso seco de biomasa aérea por planta, superaron al testigo absoluto que obtuvo 34.82 g de peso seco; los tratamientos coinoculados y el testigo absoluto, presentaron entre 41.28 y 30.33 nódulos por planta, superando al testigo fertilizado con 20.68 nódulos; los tratamientos inoculados y el testigo fertilizado con 24.23 a 21.73 vainas por planta, superaron al testigo absoluto con 20.76 vainas por planta. El contenido de N en el grano, fue similar para todos los tratamientos; los tratamientos inoculados y el testigo fertilizado destacaron con rendimientos de 2,844.27 a 2,493.75 kg/ha, superando al testigo absoluto con 2,380.73 kg/ha. Se concluye que la coinoculación tuvo efecto positivo en las variables evaluadas, recomendando su utilización.

Palabras clave: *Phaseolus lunatus*– coinoculación- rizobacterias- inoculantes

ABSTRACT

In order to evaluate the response to coinoculation with rhizobacteria in yield and Nitrogen content in early Lima beans, it was planned to investigate under edaphoclimatic conditions in the Ica Valley, in a sandy loam soil with low organic matter content. and nitrogen, high in phosphorus, moderately alkaline reaction, medium cation exchange capacity. The treatments were: T1(*Bacillus* sp.+ *Bradyrhizobium* sp.), T2(*Bacillus* sp. + *B. yuanmingense*), T3(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + *B. yuanmingense*), T4(fertilized control), T5(control absolute) that were evaluated in Randomized Block Design, with five repetitions. There was no significant difference in the percentage of emergence, length of the aerial and root part, weight of 100 grains, nodules per plant and N content; T3 and the fertilized control, with 46.46 and 44.50 g of dry weight of aerial biomass per plant, surpassed the absolute control that obtained 34.82 g of dry weight; the coinoculated treatments and the absolute control, presented between 41.28 and 30.33 nodules per plant, surpassing the fertilized control with 20.68 nodules; the inoculated treatments and the fertilized control with 24.23 to 21.73 pods per plant, surpassed the absolute control with 20.76 pods per plant. The N content in the grain was similar for all treatments; the inoculated treatments and the fertilized control stood out with yields of 2,844.27 to 2,493.75 kg/ha, surpassing the absolute control with 2,380.73 kg/ha. It is concluded that coinoculation had a positive effect on the variables evaluated, recommending its use.

Keywords: *Phaseolus lunatus* – coinoculation – rhizobacteria – inoculants

I. INTRODUCCIÓN

El pallar (*Phaseolus lunatus* L.), es la menestra bandera de la región Ica, por sus excelentes cualidades culinarias, su aporte nutricional en porcentaje de proteínas, a diferencia de otras regiones, su grano tiene menor contenido de ácido cianhídrico que no afecta al organismo humano, debido a su buena adaptación de las condiciones edafoclimáticas de la región Ica, a través del tiempo, que se ha mantenido en manos de pequeños agricultores que han transmitido de generación en generación sus conocimientos ancestrales y han conservado la riqueza genética de este recurso para beneficio de la población.

A pesar de ser un cultivo alimenticio de gran importancia, como bien lo ha reconocido la FAO, designando el año 2016 como “Año Internacional de las legumbres”, no se incentiva su consumo per cápita que puede contribuir con mejorar la calidad de vida de los pobladores de esta región y de quienes lo consumen en otros lugares. Entre la problemática que atraviesa este cultivo se puede comentar que no hay políticas claras del Estado para apoyar el cultivo de las leguminosas en general y el pallar, frijol y garbanzo en especial, en la región Ica, que destaca por sus excelentes condiciones de clima para menestras; siendo un factor limitante para realizar investigaciones en diferentes aspectos que inciden en la producción.

Es innegable el arraigo que tiene el pallar entre la población, por ser una leguminosa cuyo grano se puede almacenar y contar con su disponibilidad para todo el año, de modo que se pueda contar con una proteína de buena calidad alimenticia y nutricional.

Socialmente, el cultivo de pallar se encuentra en manos de los pequeños agricultores, quienes trasladan los granos de sus cosechas para alimentar a la población local, regional y nacional, preferentemente, llegando inclusive a exportar en campañas muy productivas y dependiente de la demanda internacional. El rol social que juega el pallar en la seguridad alimentaria de la población es innegable. Su adaptación, su calidad, su sabor, su fácil cocción como menestra, hace que este cultivo sea de vital importancia.

Desde la Universidad San Luis Gonzaga, se plantea recurrir a alternativas más saludables para producir cosechas más sanas, en una época en que es prioritario cuidar la salud humana desde la alimentación y el consumo de legumbres es beneficioso desde muchos puntos de vista; por lo que es muy oportuno considerar la acción benéfica de algunos microorganismos que se encuentran en la rizosfera, cohabitando con las plantas, como es el caso de las rizobacterias de los géneros: *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Bacillus*, *Azotobacter*, etc., entre otros, que está demostrado su acción benéfica en la conservación de los recursos suelo y agua, disminuyendo su contaminación al evitar o disminuir el uso de fertilizantes sintéticos, siendo lo más importante: la producción de granos más sanos.

1.1 Planteamiento del Problema

Según sostiene [1], los rizobios, son bacterias cuya actividad importante es transformar el nitrógeno del aire en nitrógeno asimilable y proporcionarlo a las plantas a través de sus raíces donde se forman los nódulos, que contienen a estos microorganismos. Señala además que los nódulos funcionan como auténticas fábricas biológicas de producción de amoníaco. O sea, los nódulos simbióticos realizan la misma labor que la industria fabricante de abonos, con la diferencia que utilizan los productos de la fotosíntesis que llegan a la raíz desde las hojas, en lugar utilizar combustibles fósiles como lo hace la industria. Sostiene que esta forma de suministrar a las plantas el nitrógeno que requieren, es barata y limpia, sin contaminar el ambiente.

En el proceso de crecimiento y desarrollo de las plantas, el fósforo es uno de los elementos esenciales más importantes, en todas sus etapas fisiológicas, pero ocurre que no siempre está disponible en el suelo, ya que rápidamente es inmovilizado al interactuar con el resto de los componentes de su entorno. Refieren que las rizobacterias incrementan la capacidad de las plantas de absorber este elemento solubilizándolo por la producción de ácidos orgánicos débiles. Por tal motivo, es importante mencionar que, para seleccionar las bacterias potenciales para producir biofertilizantes, deben tener la capacidad de solubilizar fosfato, como muestra de su efectividad. [2].

Los inoculantes o biofertilizantes mejoran la disponibilidad de nutrientes para las plantas, que pueden fomentar el aprovechamiento de una fuente de nutrientes renovable, como lo hacen los microorganismos fijadores de nitrógeno atmosférico, o aumentar la disponibilidad de nutrientes poco móviles del suelo, como el fósforo, lo que permite reducir el uso de fertilizantes químicos. La fijación biológica del nitrógeno, la solubilización del fósforo y el aumento de la disponibilidad del hierro son algunos ejemplos. Asimismo, a través de la producción de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, estos microorganismos producen un incremento en el desarrollo del sistema de raíces, con lo que se mejora el aumento en la absorción de nutrientes y agua debido a la mejor exploración del suelo por el sistema radicular.[3].

Entre los microorganismos del suelo que se utilizan para la producción de inoculantes, según [4], destacan los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium* y *Streptomyces*, que son microorganismos que habitan la rizósfera y tienen como actividad importante la promoción del crecimiento de las plantas, por lo que se les denomina PGPR (siglas en inglés de plant growth promoting rhizobacteria, lo que en español se traduce como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal). Los inoculantes a base de rizobacterias que han sido

seleccionadas por su habilidad en la promoción del crecimiento vegetal, se denominan biofertilizantes y su uso permite disminuir el uso de fertilizantes sintéticos o químicos.

1.1.1 Situación problemática

En general, existe una situación problemática preocupante no solo relacionada con el cultivo de pallar, materia de la presente investigación, sino de todos los cultivos alimenticios en general, referida al escaso conocimiento de las ventajas de la actividad benéfica de los microorganismos del suelo, entre los que se encuentran las rizobacterias; por lo que no se aprovechan en la promoción del crecimiento, en el aporte de nitrógeno a partir del N atmosférico, en la disponibilidad del fósforo y en la protección vegetal entre otros beneficios.

Digamos que el insuficiente conocimiento de las ventajas de la aplicación de la inoculación en los cultivos alimenticios, aún frena que la empresa privada tenga interés en apoyar este tipo de investigaciones o producir de manera comercial, inoculantes a base de cepas seleccionadas de rizobacterias y hacer un uso más sostenible de este recurso biológico en los cultivos.

En consecuencia, los perjudicados son los pequeños agricultores que son los productores de esta menestra bandera, ya que no se les brinda la posibilidad de utilizar los inoculantes a base de cepas seleccionadas de rizobacterias y lograr cosechas que podrían ser más rentables por disminuir el uso de fertilizantes sintéticos y recibir compensación un precio más justo.

1.1.2 Formulación del problema

Problema general

¿Cuál será la respuesta del pallar precoz en rendimiento y contenido de nitrógeno en el grano a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica?

Problemas específicos

- ¿Cuál será la respuesta del rendimiento a la coinoculación con rizobacterias del pallar precoz en Subtanjalla – Ica?
- ¿Cuál será la respuesta del pallar precoz en el contenido de nitrógeno en el grano a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica?

Entre las investigaciones que anteceden al presente trabajo de investigación se menciona a [5], quien informa que en el INTA, Pergamino – Argentina realizó un ensayo con el objetivo de cuantificar el efecto sobre la nodulación, el crecimiento, la acumulación de N y el rendimiento de tratamientos biológicos combinando *Bradyrhizobium japonicum* con

promotores de crecimiento, biocontroladores, fungicidas curasemillas y bioprotectores. Señala que sus resultados le indican que se evidencia una contribución significativa de los protectores bacterianos, acompañantes y moléculas señal, mejorando la formulación y potenciando el efecto de *Bradyrhizobium*. Señala que dichos resultados sugieren una optimización de la fijación biológica de Nitrógeno (FBN) por parte de las tecnologías que aumentan la supervivencia de las bacterias, aceleran la nodulación y crean un mejor ambiente alrededor de las semillas para que se produzca una rápida instalación y haya un desencadenamiento favorable del proceso de infección y fijación.

En Loja – Ecuador, [6], realizaron un trabajo para evaluar rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en *Phaseolus vulgaris*, variedad Mantequilla, en tres modalidades o condiciones: bajo condiciones in vitro, condiciones controladas y campo, en diseño experimental completamente al azar con 9 tratamientos y 10 repeticiones para las condiciones in vitro; mientras que para las condiciones en campo emplearon el diseño experimental de bloques al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Las evaluaciones de parámetros morfológicos, de biomasa y componentes de rendimiento en condiciones de campo se realizaron en 5 plantas al azar de cada repetición, a los 30 DDS, evaluaron el número de nódulos, peso fresco y peso seco de los nódulos, peso fresco y peso seco del follaje (PFF, PSF), peso fresco y peso seco de la raíz (PFR, PSR). A los 120 DDS evaluaron los componentes del rendimiento y el rendimiento agrícola en 40 plantas por parcela y calcularon el rendimiento por hectárea. Concluyeron que las cepas *Stenotrophomonas maltophilia* + *Rhizobium tropici*, *Ralstonia sp.*+*Rhizobium sp.* y *Stenotrophomonas maltophilia* +*Rhizobium tropici* influenciaron significativamente en los parámetros de nodulación y biomasa, Mientras que las cepas *Ralstonia sp.*+*Rhizobium miluonense* influenciaron en los componentes de rendimiento agrícola.

En el trabajo de investigación de [7], se planteó el objetivo de obtener cepas nativas de *Rhizobium phaseoli* eficientes para la fijación de Nitrógeno atmosférico en el cultivo de Frijol, y colectó muestras de suelo de la presa de la juventud en Marín, Nuevo León – México, que se utilizó como inoculante para plántulas de Frijol. Como resultado reporta que aisló cuatro cepas de *Rhizobium* (JM-1; JM-2; JM-3 y JM-4) infectivas y efectivas para nodular en *Phaseolus vulgaris* (Frijol). Señala que las cuatro cepas nativas de bacterias aisladas, fueron identificadas como *Rhizobium phaseoli* debido a que mostraron colonias blancas rosadas, borde liso, convexas, textura gomosa y de forma circular. Sostiene que la sobrevivencia de los rizobios en el suelo utilizado para el estudio, mantuvo su población elevada y favoreció la nodulación de las plantas al emplear como inoculante una suspensión de este suelo.

En el Campo Experimental ‘La Bandera’ ubicado en Actopan – Veracruz-México, [8], evaluaron la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), *Rhizobium etli* (Re) y una dosis reducida de fertilizante inorgánico en la producción y calidad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. ‘Negro Michigan’, en un diseño experimental en bloques al azar con ocho tratamientos [T1: (testigo, T), T2: (fertilizado, F), T3: (inoculado con HMA), T4: (inoculado con Re), T5: (inoculado con HMA+Re), T6: (inoculado con HMA+50%F), T7: (inoculado con Re+50%F) y T8: (inoculado con HMA+Re+50%F)], en tres repeticiones y 500 plantas en cada uno. Señalan que los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables registradas, siendo HMA+Re+50%F el tratamiento que mejoró la calidad del grano de frijol, disminuyó el uso y los costos de fertilización en favor de productores.

Del mismo modo, entre algunas investigaciones que antecedieron al presente estudio, realizadas a nivel nacional, se menciona a [9], quienes realizaron un estudio en la Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima, Perú, evaluando la eficiencia en la infectividad y efectividad de cepas de *Rhizobium* sp. PLC111, PLC213, PLB112b y PLA142a y de *Bradyrhizobium* sp. PLL113 y PLB211b a nivel de laboratorio e invernadero en dos variedades de pallar Criollo Iqueño e Ica 450. Refieren que, a nivel de invernadero, el peso seco de la parte aérea (PSPA) fue significativamente mejor en los tratamientos inoculados que en los controles; encontraron diferentes grados de infectividad en la nodulación, dependiendo del cultivar y de las cepas. Finalmente, informan que las cepas PLL113 de *Bradyrhizobium* y PLC213 de *Rhizobium* presentaron un mejor comportamiento tanto a nivel de laboratorio como en invernadero.

En la Universidad Nacional Agraria – La Molina, [10], informan que a nivel de laboratorio e invernadero, evaluaron la actividad microbiana en la rizósfera de *Phaseolus lunatus* var. Sieva, en muestras de suelo colectadas en campo durante los diferentes estados fenológicos del cultivo, cuyas semillas fueron inoculadas con *Bradyrhizobium* sp. cepa PCYGIVN3, cepa PSNC4N2 y la interacción de éstas; además, evaluaron la aplicación de fertilizante NPK y el control sin inocular. Reportan que la actividad microbiana se presentó como una técnica más sensible que el recuento de microorganismos y permitió una buena correlación con los resultados de materia seca obtenidos en el tratamiento de la interacción de cepas de *Bradyrhizobium* y el inoculado con la cepa PSNC4N2, que presentaron los valores más altos de materia seca en la etapa comprendida entre la floración y madurez de vainas.

En el Instituto de Investigación, Producción y Extensión Agraria (INPREX) de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, de Tacna, [11], informan que trabajaron a nivel de laboratorio, para producir el inoculante y aplicarlo en campo al cultivo de vainita que tiene muy buena adaptación a condiciones desérticas, mediante un diseño en bloques

completamente aleatorizado. Los tratamientos fueron: inoculante 2.5×10^7 cel g^{-1} suelo, 2.5×10^8 cel g^{-1} suelo, 2.5×10^9 cel g^{-1} suelo, control negativo agua destilada, testigo fertilizado y testigo biológico. Evaluaron el número de nódulos por planta y el porcentaje de nódulos efectivos por planta, el rendimiento y sus componentes principales, aplicando diferentes concentraciones de *Rhizobium etli* y determinaron la influencia de la inoculación. Encontraron que el tratamiento inoculado con 2.5×10^9 cel g^{-1} suelo, presentó el mayor número de nódulos totales con un promedio de 47.67 y con una efectividad de 84.02%; por lo que produjo una mayor influencia en el rendimiento por hectárea, rendimiento por planta y número de vainas por planta, al mismo tiempo que no tuvo diferencia significativa al ser comparado con el testigo fertilizado.

En la parte baja del valle de Chancay, Lambayeque, [12], informa que realizó un estudio, con el objeto de comparar el efecto de la fuente de fertilización con fertilizantes inorgánicos, proteicos y biofertilizantes en el rendimiento del cultivo de pallar tipo americano y determinar los diferentes factores de rendimiento del cultivo influenciados por los diferentes tratamientos. Evaluó cinco tratamientos con cuatro repeticiones. Como resultado, al comparar los promedios (Tuckey), el tratamiento 3 (Biofertilizante: 1 tableta por 46 kg de semilla) fue el mejor en las características de rendimiento en grano significativamente superior al tratamiento 1 (Testigo).

En condiciones hidropónicas en invernadero, en Trujillo-Perú, [13], reportan que, evaluaron el efecto de la coinoculación de *Rhizophagus irregularis* y *Rhizobium* sp. sobre el crecimiento de *Phaseolus vulgaris*, en los parámetros del crecimiento vegetativo, proteínas foliares totales y componentes de rendimiento. Como resultado, encontraron que *Rhizobium* sp. mejoró el crecimiento vegetativo (diámetro de tallo, peso seco de la parte aérea, área foliar) y contenido de proteínas, así como el rendimiento (número y peso de semillas); en cambio, la micorrización no lo hizo. Sin embargo, observaron que sí hubo diferencias con respecto a los parámetros de rendimiento como número de semillas por planta y peso de semillas. Concluyen que, la inoculación conjunta de *Rhizophagus irregularis* y *Rhizobium* sp., promueve el aumento de los parámetros de crecimiento y desarrollo, así como los componentes de rendimiento en *Phaseolus vulgaris* var. Canario en condiciones de invernadero.

Entre las investigaciones realizadas sobre el tema, que anteceden al presente estudio, a nivel regional o local, se menciona a [14], quienes reportan que realizaron una investigación en el fundo “Los jazmines”, distrito de Jauranga provincia de Palpa y departamento de Ica, con el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación a la semilla de pallar “Generoso de Ica” con seis cepas, siendo LMTR 56009 (*Rhizobium*), LMTR 56010, LMTR 56017, LMTR 56026, LMTR 56030 y LMTR 28 (*Bradyrhizobium*), además de los Testigos N+ y

N-, en diseño de bloques completamente al azar con ocho tratamientos y seis repeticiones. Encontraron que todas las cepas seleccionadas en laboratorio, utilizadas como inoculantes de la semilla de pallar, fueron 100% infectivas y efectivas, igualando al tratamiento con fertilizante nitrogenado sintético (N+) e inclusive superando los promedios en las variables de importancia productiva. También encontraron que los testigos sin inoculación, mostraron que las cepas nativas fueron también 100% infectivas. Destacan que el número de vainas por planta y peso de 100 granos, componentes importantes del rendimiento, han presentado mejores promedios cuando inocularon la semilla con cepas seleccionadas de *Bradyrhizobium* y *Rhizobium*, demostrando su efectividad al superar a los testigos fertilizado (N+) y absoluto (N-).

En Salas- Guadalupe, Ica [15], informan que, evaluaron la infectividad y efectividad de cepas seleccionadas de Rizobacterias: LMTR 28 de *Bradyrhizobium yuanmingense*, *Rhizobium* sp. y *Bacillus* sp., que inocularon y reinocularon al cultivo de pallar, variedad Precoz con sus respectivos Testigos NP+ y NP-. Encontraron que las cepas de la rizobacterias cuando se aplicaron solas fueron menos efectivas que cuando se aplicaron de manera combinada. Señalan que el efecto de la cepa de *Bacillus* sp. que es promotora del crecimiento vegetal y no produce nódulos simbióticos, se potenció al combinarse con las cepas seleccionadas de *Rhizobium* sp. o *Bradyrhizobium* LMTR 28. Estos resultados sugieren que la coinoculación es una práctica favorable. De manera similar [16], informan que en su trabajo de investigación realizado en Salas-Guadalupe-Ica, evaluaron la efectividad de cepas seleccionadas de Rizobacterias: *Bacillus* sp., *B. yuanmingense*, *Bradyrhizobium* sp., *Pantoea* sp., *Rhizobium* sp., que inocularon a la semilla del cultivo de pallar precoz, con sus Testigos NP+ y NP-, en un diseño en bloques completamente al azar con siete tratamientos y cinco repeticiones. Como resultado reportan que la cepa seleccionada *Bradyrhizobium* sp. demostró mayor efectividad al alcanzar el mayor rendimiento con 2,783.81 kg/ha y el mayor porcentaje de Nitrógeno en el grano con 4.04%. La cepa *Bacillus* sp. que es promotora del crecimiento vegetal, también demostró su efectividad con un rendimiento con 2,586.75 kg/ha y buen porcentaje de Nitrógeno en el grano, con 4.013%.

Un estudio de investigación en Subtanjalla-Ica, realizado por [17], tuvo el objetivo de evaluar el efecto de la coinoculación y reinoculación con cepas seleccionadas de rizobacterias en el rendimiento de una línea promisorio de pallar *Phaseolus lunatus* precoz, de crecimiento determinado, probando seis tratamientos con el Diseño en Bloques Completamente al Azar con cinco repeticiones: 1(coinoculación cepa 1 + cepa2), 2(coinoculación y reinoculación con cepa 1+cepa 2), 3(coinoculación con cepa 1+cepa 2 y reinoculación con cepa 1), 4(coinoculación con cepa 1+cepa 2 y reinoculación con cepa 2),

5(testigo NP+) y 6(testigo NP-). Siendo cepa 1(*Bacillus* sp.) y cepa 2(*Bradyrhizobium yuanmingense*). Como resultado, informa que los tratamientos inoculados, coinoculados y reinoculados con las cepas seleccionadas de *Bacillus* sp. y *B. yuanmingense*, alcanzaron similar rendimiento que el testigo fertilizado con NP sintético, superando los promedios del testigo absoluto (NP-) en la mayoría de variables evaluadas, destacando el número de nódulos por planta, peso seco de la biomasa aérea, radicular y el peso de 100 semillas. Todos los tratamientos evaluados alcanzaron un contenido similar de N en el grano. De manera similar, [18], realizaron un estudio en Subtanjalla-Ica, con el objetivo de determinar el efecto de la inoculación con rizobacterias en el rendimiento y calidad del grano de las líneas de pallar precoz PPD 162-1-2013 y PPD 118 – 2013, en Subtanjalla – Ica, en condiciones edafoclimáticas de primavera – verano, en Diseño de Bloques Completamente al Azar, con parcelas divididas, con ocho tratamientos combinando las dos líneas de pallar, con y sin rizobacterias, en cinco repeticiones. y los tratamientos con rizobacterias fueron (T1: *Bacillus* + *Bradyrhizobium*, T2: *Bacillus* + *Rhizobium*, T3: Testigo NP+ fertilizado y T4: Testigo absoluto NP-. Los resultados obtenidos muestran que la línea PPD 162-1-2013, superó en cobertura de planta, número de vainas por planta, peso de 100 granos y rendimiento de grano seco por planta, a PPD 118-2013. El contenido de nitrógeno en el grano, fue similar en todos los tratamientos; aunque en porcentaje de grano sano, destacó la línea PPD 118-2013, con más del 70%, superando a PPD 162-1-2013 que no superó el 50% de granos sanos. Concluyeron que la inoculación con rizobacterias favoreció al porcentaje de emergencia, al porcentaje de grano sano, al rendimiento unitario en ambas líneas de pallar.

Sobre las referencias relacionadas con las leguminosas de grano en general y el pallar en particular, se tiene que [19], reivindica la importancia del consumo de legumbres por su aporte en proteínas en la alimentación humana y animal, por lo que las considera componentes de la seguridad alimentaria y grandes contribuyentes de la disminución de la desnutrición; a partir de la designación del año internacional de las legumbres, se fomenta con mayor énfasis el incremento del consumo per cápita de las menestras; lo que también se debe tener en cuenta en nuestra región y el país.

El cultivo de pallar, se desarrolla en suelos de textura media a moderadamente gruesa (francos y franco arenosos), lo que indica buena aireación, permeabilidad moderada a moderadamente rápida y buen drenaje. La reacción del suelo va un pH neutro a moderadamente básico o alcalino (pH: 7,01 a 8,06), con contenidos bajos a medios de carbonatos (0,0 a 2,7%) y sin problemas de sales (CE, menor de 4 dS/m: 0,42 a 2,52 dS/m). Los niveles de materia orgánica son bajos (0,5 a 1.1%) al igual que el nitrógeno mineral [20].

Con respecto a las temperaturas requeridas por el pallar, [20], refiere que, para la etapa de siembra, necesita temperaturas cálidas, siendo 24.4 °C un promedio favorable, que estimula una buena germinación; durante el desarrollo del cultivo, la temperatura máxima promedio debe ser de 21,9 °C; para la cosecha, la temperatura comienza a incrementar y la humedad relativa a disminuir, lo que favorece la última etapa de desarrollo del cultivo correspondiendo a la madurez de vainas y granos.

Los valles de la región Ica, reúnen condiciones agroecológicas apropiadas para cultivar el pallar en sus diferentes variedades, las de hábito de crecimiento indeterminado postrado, semi postrado o determinado; siendo fuente importante de proteína vegetal; sin embargo, los rendimientos mantienen cifras bajas, que no superan los 2,000 kg en promedio, debido a un inadecuado manejo del suelo, del agua, de los nutrientes, de las plagas y enfermedades. Agrega comentando que las características especiales del pallar de Ica, debido fundamentalmente a su menor contenido de ácido cianhídrico, se refleja en su sabor agradable, textura suave y delgada y aspecto cremoso al cocerse, siendo cualidades que le hacen merecedor de las preferencias del público consumidor, ya que es un alimento de consumo frecuente [21].

El pallar posee una raíz pivotante con abundantes raíces secundarias, 85% de las cuales se ubican entre los 0.8 a 1.0 m de profundidad del suelo. Su tallo puede ser herbáceo o leñoso, delgado, trepador o recto según la variedad (rastrera o erecta). Señala que la longitud de tallo varía desde 0.5 m en variedades erectas hasta 4 m en variedades rastreras trepadoras. Su hoja es trifoliada, compuesta, de pecíolo grande y de folíolos ovales o ligeramente acuminados, con o sin pubescencia según la variedad. Su flor es pequeña, cuyo color va de blanco a blanco verdoso en las alas y quillas amarillas, agrupadas en racimo. Su fruto es una vaina, cuya longitud es de 5-15 cm dependiendo de la variedad. En cada vaina hay de 3 a 5 granos, y pueden o no presentar dehiscencia. Su semilla es semicircular (subglobosa), con estrías radiales hacia los bordes y de color blanco a rojo jaspeado en el pallar [22], [23].

Con respecto al color de la flor, es necesario aclarar que la variación va de blanco, blanco verdoso, lila claro, lila oscuro, para las variedades de grano blanco, jaspeado, variegado, maculado, etc., llegando al color morado en las variedades tradicionales de color de grano negro. El color de los pétalos de la flor, de preferencia el color de alas y estandarte en las leguminosas, son variables cualitativas que identifican, describen o caracterizan un genotipo, lo que ayuda a su mejor diferenciación en la etapa reproductiva y permite una descripción adecuada.

En el presente trabajo de investigación, el tema central se refiere a la utilización de cepas seleccionadas de rizobacterias; término que fue introducido por [24] realizando sus

experimentos con rábanos, señalando que se refieren a la comunidad bacteriana que coloniza comúnmente las raíces de la planta, estimulando su crecimiento y reduciendo la incidencia de las enfermedades. Los mismos autores [24], designaron a este grupo de bacterias como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR por sus siglas en inglés: (Plant growth promoting rhizobacteria), que mejoran el crecimiento, la producción y la salud de las plantas, con diversos mecanismos moleculares.

Las rizobacterias, presentan características metabólicas versátiles, por lo cual, poseen un gran potencial biotecnológico para la formulación de inoculantes; entre los que se puede destacar la producción de biofertilizantes como bacterias fijadoras de nitrógeno, fitoestimulantes como bacterias productoras de hormonas, agentes de biocontrol como bacterias que eliminan patógenos [25], entre otras.

Las rizobacterias, tienen la capacidad de producir más de un tipo de sustancias promotoras de crecimiento vegetal, dentro de las que destacan cinco grupos: 1) auxinas (AIA); 2) giberelinas; 3) etileno; 4) citoquininas; y 5) ácido abscísico (ABA), de los cuales, los cuatro primeros grupos mencionados, participan en la estimulación de las plantas por rizobacterias, promoviendo su crecimiento aéreo o a nivel radicular [26].

Las rizobacterias presentan una gran alternativa para la producción de biofertilizantes, con lo cual, la agricultura tiene un gran aliado para ser más sostenible, teniendo en consideración las necesidades de nutrición y conservación del ambiente y la salud, donde pueden jugar un rol muy importante.

La simbiosis es una de las más importantes interacciones biológicas; los organismos que participan en ella se benefician mutuamente ya que ninguno de ellos podría realizar una función vital o sobrevivir aisladamente. Para que una simbiosis ocurra, dos o más organismos diferentes deben vivir muy cerca. Un ejemplo de simbiosis es la fijación simbiótica de nitrógeno. En ella se establece una relación de este tipo entre bacterias heterótrofas (dependen de un sustrato orgánico como principal fuente de carbono) de los géneros *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (denominados colectivamente rhizobios) y plantas leguminosas. La asociación es mutuamente beneficiosa porque permite que las bacterias obtengan hidratos de carbono de la planta mientras que este se beneficia incorporando nitrógeno del aire [27].

Desde hace poco tiempo se ha planteado el uso de las bacterias promotoras del crecimiento de la planta (PGPR) como una alternativa viable para reducir el uso de fertilizantes nitrogenados a nivel agrícola, ya que algunos de estos microorganismos son bacterias que en simbiosis con leguminosas o de vida libre se encargan de promover el crecimiento de las plantas a través de la fijación biológica del nitrógeno; mientras que otros, tienen la

función de contribuir con la disponibilidad del fósforo para una mejor asimilación por la planta [28].

Los biofertilizantes son productos obtenidos en base a microorganismos benéficos (bacterias y hongos), que viven asociados o en simbiosis con las plantas y ayudan a su proceso natural de nutrición, además de ser regeneradores de suelo. En suelos que no han sido afectados por el uso excesivo de agroquímicos, estos microorganismos se encuentran en forma natural; caso contrario, disminuyen o eliminan dicha población, además de contaminar el suelo [29]. Los biofertilizantes son productos que, al contener microorganismos benéficos, no contaminan ni degradan la capacidad productiva del suelo, por el contrario, son regeneradores de la población microbiana, y tienen una importante función protectora del sistema radicular de la planta contra microorganismos patógenos [29].

La fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) es un proceso por el cual algunos microorganismos utilizan el nitrógeno del aire que se encuentra contenido en grandes cantidades, reduciéndolo a amoníaco a través de una enzima llamada nitrogenasa para la producción de proteínas. Los microorganismos fijadores de nitrógeno son bacterias y cianobacterias, de vida libre en el suelo, eventualmente asociados a una planta, o viviendo en simbiosis con una planta. La sub familia Papilionácea a la que pertenece el pallar, presenta mayor número de especies formadoras de nódulos entre un 80 – 90%, las Mimosáceas un 25% y las Cesalpináceas sólo unas pocas. Entre las tres subfamilias agrupan 12000 especies con capacidad fijadora de nitrógeno. Para poder convertir el nitrógeno de su forma no asimilable (N_2) por las plantas a una que sí lo sea, las bacterias realizan la FBN [29].

La utilización de microorganismos con capacidad para promover el crecimiento de las plantas es una alternativa de biofertilización; con lo cual se disminuye el uso de fertilizantes sintéticos o químicos. Una adecuada selección de cepas autóctonas o nativas, garantiza el éxito de producir inoculantes bacterianos efectivos y eficientes; logrando con ello una mejor respuesta de las plantas inoculadas [30].

El género *Bacillus* se caracteriza por agrupar un tipo de bacterias que tiene como funciones el efecto secretor de proteínas y metabolitos eficientes para el control de plagas y enfermedades, como promotor del crecimiento vegetal porque contribuye con la solubilización de fósforo y la producción de reguladores de crecimiento como el ácido indol acético; también participa en la fijación biológica de nitrógeno forma parte de ciertos consorcios microbianos [31].

Como biofertilizante, las especies del género *Bacillus* y el potencial que tienen las enzimas que producen, es una alternativa amigable para el suelo y el ambiente que contribuye con la implementación de la agricultura sostenible, lo que permite la conservación del medio ambiente y un mejoramiento de la calidad y la producción en diversos cultivos de interés agrícola [31].

1.2 Justificación e importancia de la Investigación

1.2.1 Justificación

De acuerdo con [4], se sabe que cada vez se reconoce de forma creciente el papel que juegan los procesos biológicos en el funcionamiento del suelo y en la producción agrícola. Promover la “agricultura sustentable” como una forma de contrarrestar los efectos de la pérdida de calidad ambiental, es la principal estrategia que se debe adoptar para dicho fin. El objetivo de la agricultura sustentable es mantener una alta producción con un descenso gradual del uso de agroquímicos, recurriendo al potencial biológico de las plantas y los microorganismos. Es el caso que, el uso de inoculantes compuestos por microorganismos benéficos, ya sean fitoestimulantes, biofertilizantes o agentes de biocontrol, constituye una estrategia tecnológica cada vez más aceptada en las prácticas agrícolas sustentables, tanto para cultivos extensivos como intensivos.

Debido a que el pallar contiene un alto valor nutricional y proteínas las cuales son esenciales para la seguridad alimentaria, éste debe de ser producido de manera más sostenible disminuyendo el uso de la aplicación de los fertilizantes sintéticos que causan daño al ecosistema y a la salud, optando así por nuevas alternativas como es el uso de los fertilizantes orgánicos a base de inoculantes de cepas seleccionadas de rizobacterias, que cumplen funciones muy esenciales en la planta como la captación y fijación del nitrógeno atmosférico al suelo, promueven el crecimiento de la planta, mejoran la solubilización del fósforo para una mejor absorción por la planta.

Se justifica plenamente realizar investigaciones orientadas a promover el uso de inoculantes a base de microorganismos benéficos, seleccionados previamente por su efectividad y eficiencia en laboratorios de calidad garantizada, con lo cual se estará propiciando una agricultura sustentable, alejándonos más de las prácticas contaminantes del suelo y agua por el uso de agroquímicos.

1.2.1 Importancia

Desde que la FAO revaloró el consumo de las leguminosas, declarando al año 2016 como el “Año Internacional de las Legumbres”, de diversas maneras, se está incentivando el incremento del consumo per cápita de todas las leguminosas de grano,

por ser fuente importante de proteína vegetal, lo que contribuye con la seguridad alimentaria de los pueblos y a la disminución de la desnutrición.

El pallar es nuestra legumbre o menestra bandera, muy importante en la alimentación del poblador iqueño y peruano, y es la leguminosa de grano de mayor área sembrada en los valles productores de la región Ica, donde ha encontrado condiciones de adaptación específicas, reafirmando su importancia socio – económica como cultivo nativo, tradicional; el cual se conserva a través del tiempo transmitiéndose de generación en generación en manos de los agricultores tradicionales, que son los verdaderos conservacionistas de este valioso recurso genético que año a año siembran la semilla que producen y lo más importante es que comparten entre ellos, sus conocimientos ancestrales que les ha permitido mantener las variedades y cultivares que, de otra manera, se hubieran erosionado en mayor porcentaje.

La presente investigación muestra la importancia del tema planteado al propiciar en primer lugar, el uso de los microorganismos benéficos, a través de inoculantes que previamente han sido seleccionados por su eficiencia y efectividad a nivel de laboratorio, como una práctica de fácil manipulación a fin de que sea una innovación de fácil adopción por parte de los pequeños agricultores en cuyas manos se mantiene esta menestra bandera y posibilitar un manejo sostenible del cultivo, con beneficios para su familia, al producir cosechas con menor costo de producción en el rubro de fertilizantes; con lo cual su rentabilidad se puede incrementar.

1.3 Hipótesis y variables

1.3.1 Hipótesis de Investigación:

Hipótesis general

La coinoculación con rizobacterias mejora la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno en el grano de pallar precoz en Subtanjalla – Ica.

Hipótesis específicas

- La coinoculación con rizobacterias mejora la respuesta en rendimiento del pallar precoz en Subtanjalla – Ica.
- La coinoculación con rizobacterias mejora la respuesta en el contenido de nitrógeno en el grano de pallar precoz en Subtanjalla – Ica.

1.3.2 Variables de investigación

Las variables de la investigación que se han identificado, se clasifican en independientes, dependientes e intervinientes.

VARIABLES INDEPENDIENTES (X)

X1 = Cepa 1 (*Bacillus* sp.)

X2 = Cepa 2 (*Bradyrhizobium* sp.)

X3 = Cepa 3 (*Bradyrhizobium yuanmingense*)

VARIABLES DEPENDIENTES (Y)

Y1 = Peso seco de la biomasa (g)

Y2 = Peso de granos por planta (g)

Y3 = Contenido de nitrógeno en el grano (%)

VARIABLES INTERVINIENTES (Z)

Z1 = Condiciones ambientales

Z2 = Aspecto fitosanitario

1.4 Objetivos de investigación

1.4.1 Objetivo general

Objetivo general

Determinar la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno en el grano del pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica.

Objetivos específicos

- Determinar la respuesta en el rendimiento del pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica.
- Determinar la respuesta en el contenido de nitrógeno en el grano del pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1 Materiales

2.1.1 Ubicación del terreno experimental

El presente experimento se llevó a cabo en el Fundo “Agrorrgánica”, caserío Arrabales, distrito de Subtanjalla, provincia y departamento de Ica, con las siguientes coordenadas:

Coordenadas geográficas:

Latitud 14°01'30.86''S

Longitud 75°44'42.84''O

Altitud 425 m.s.n.m

Coordenadas UTM:

18L 419528.75 m E

8449353.97 m S

2.1.2 Análisis de suelo

Para conocer las características del suelo del campo experimental, se sacó una muestra representativa de una profundidad de 0.0 – 0.30 cm, proveniente a su vez de cinco sub muestras extraídas siguiendo el método de zig zag, que se mezclaron y se homogenizaron previamente para remitirla al laboratorio de Control Analítico de CITE agroindustrial Ica, para los respectivos análisis físico, químico y cationes cambiabiles, la misma que (Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 1

Análisis físico – mecánico del suelo

Determinación	Profundidad del suelo (00-30 cm)	Método
Arena (%)	78.56	Densímetro *
Arcilla (%)	9.02	Densímetro *
Limo (%)	12.42	Densímetro *
Clase Textural	Franco arenoso	Triángulo textural *

Fuente: Laboratorio Agrícola. CITE AGROINDUSTRIAL. Octubre del 2020

Del mismo modo, para tener una idea del nivel de fertilidad del suelo, se obtuvieron los resultados del análisis químico indicando la reacción del suelo, conductividad eléctrica, contenido de carbonatos, materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico (Tabla 2).

Tabla 2

Análisis Químico del suelo

Determinación	Valor	Método	Interpretación
pH	8.28	NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-02	Moderadamente alcalino
C.E. (mS/cm)	2.41	NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-16 al 18	Ligeramente salino
Carbonato de Calcio (%)	3.00	Neutralización Acida *	Medio
Materia Orgánica (MO)	0.99	Ignición *	Muy bajo
Nitrógeno Total (%)	0.05	Cálculo - Ignición *	Muy bajo
Fósforo (P) (ppm)	17.91	Olsen- Espectrofotometría uv-vis *	Alto
Cationes cambiables			
CIC (meq/100g)	9.42	Titulación con EDTA *	Medio
Calcio (meq/100g)	7.31	Titulación con EDTA *	Alto
Magnesio (meq/100g)	1.32	Titulación con EDTA *	Alto
Sodio (meq/100g)	0.14	Espectrofotómetro de absorción atómica-Emisión *	Bajo
Potasio (K ⁺)	0.65	Espectrofotómetro de absorción atómica-Emisión *	Bajo
P.S.I	1.49	Cálculo *	Bajo

Fuente: Laboratorio Agrícola. CITE AGROINDUSTRIAL. Octubre del 2020

*.- Los métodos indicados, no han sido acreditados ante INACAL-DA

2.1.3 Observaciones meteorológicas

Los datos obtenidos corresponden a la Dirección Regional del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Estación CO –TACAMA de Ica. La presente información que se brinda es a partir del inicio de desarrollo del cultivo que fue en el mes de setiembre del 2020 hasta enero del 2021 (Tabla 3).

Tabla 3

Observaciones meteorológicas de setiembre del 2020 a enero 2021

Meses	Temperaturas °C			Humedad Relativa (%)	Horas de sol	
	Máxima mensual	Media mensual	Mínima mensual		Diaria	Mensual
Setiembre	28.53	19.55	10.51	75.92	229.8	7.6
Octubre	29.04	21.16	12.85	73.17	281.9	9.1
Noviembre	29.54	21.43	12.84	75.11	272.7	9.1
Diciembre	30.18	23.28	16.54	73.98	230.1	7.6
Enero	30.82	24.43	18.09	75.16	256.6	7.2

Fuente: Estación meteorológica CO-TACAMA – SENAMHI – ICA

Latitud Sur : 13° 59'59.1"

Longitud Oeste : 75° 43'14"

Altitud : 440 msnm.

2.1.4 Material biológico

El material biológico en estudio consiste en la semilla de la línea de pallar precoz de hábito de crecimiento determinado PPD 162- 1- 2013.

La línea de pallar utilizada es un material experimental que se ha venido evaluando de manera progresiva desde el año 2013, a partir de un material procedente de poblaciones originales mezcladas de Ocucaje, a través del método de selección individual, que ha permitido identificar líneas promisorias que han destacado por sus características agro morfológicas y potencial de rendimiento en diversas localidades de la zona media del valle de Ica.

2.1.5 Tratamientos en estudio

Los tratamientos consistieron en la combinación de cepas seleccionadas de rizobacterias, con los respectivos testigos fertilizado y absoluto (Tabla 4).

Tabla 4

Tratamientos en estudio

Nº	TRATAMIENTOS	Descripción
01	Cepa 1 + cepa 2	<i>Bacillus</i> sp + <i>Bradyrhizobium</i> sp.
02	Cepa 1 + cepa 3	<i>Bacillus</i> sp + <i>B. yuanmingense</i>
03	Cepa 1+cepa 2+cepa 3	<i>Bacillus</i> + <i>Bradyrhizobium</i> sp+B. <i>yuanmingense</i>
04	Testigo con fertilizante NP	Testigo fertilizado
05	Testigo absoluto	Testigo sin inocular, sin fertilizar

Donde:

Cepa 1 = Cepa seleccionada de *Bacillus* sp. (LMTB 13)

Cepa 2 = Cepa seleccionada de *Bradyrhizobium* sp.

Cepa 3 = Cepa seleccionada de *B. yuanmingense* (LMTR 28).

2.2 Métodos

2.2.1 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicada, porque se basa en la aplicación de tratamientos a las unidades experimentales, esperando la respuesta de cada una de ellas.

2.2.2 Nivel de investigación

El presente trabajo de investigación es de nivel explicativo experimental; porque explica el efecto de los tratamientos en cada una de las unidades experimentales comparando entre ellos y con los respectivos testigos.

2.2.3 Población y muestra

Población de estudio

La población estuvo representada por las 800 plantas de pallar, de la línea PPD 162-1-2013 precoz de hábito de crecimiento determinado, que se establecieron en las 25 unidades experimentales planificadas; con 32 plantas por parcela, 160 plantas por bloque y 800 plantas en todo el experimento (Figura 1).

Población de la muestra

La población de la muestra estuvo representada por las 125 plantas que fueron consideradas para las evaluaciones de las principales variables en todo el campo experimental, correspondiendo a cinco plantas marcadas por parcela; 25 plantas por bloque y 125 plantas en todo el experimento.

2.2.4 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se refiere al diseño de investigación experimental, en la que se establece una relación entre una variable independiente (X) y la otra dependiente (Y), a fin de que el investigador examine la influencia de una sobre la otra. Con el diseño de la presente investigación se trata de responder a la pregunta de investigación controlando las variables independientes y analizando cómo afectan a las variables dependientes, que en este caso se refieren al rendimiento unitario por planta y rendimiento por unidad de superficie.

2.2.5 Diseño experimental

El presente trabajo de investigación, se llevó a cabo acorde con el Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA), con cinco tratamientos y cinco repeticiones, haciendo un total de 25 unidades experimentales.

2.2.6 Características del campo experimental

❖ Dimensiones generales del terreno:

- Largo (longitud de surcos)	:	20.80 m
- Ancho (transversal a surcos)	:	6.00 m
- Área Total	:	124.8 m ²
- Área de calles	:	28.8 m ²
- Área Neta	:	96.0 m ²

❖ Bloques:

- Número de repeticiones	:	5
- Largo (transversal a los surcos)	:	6.00 m

- Ancho (longitudinal a los surcos) : 3.20 m
- Área neta de un Block : 19.20 m²
- ❖ Parcela:
 - Largo (sentido long.de surcos) : 3.20 m
 - Ancho (transv. Surcos) : 1.20 m
 - Área de una parcela : 3.84 m²
- ❖ Surcos:
 - Número de surcos/parcela : 2
 - Distancia entre surcos : 0.60 m
 - Distancia entre golpes : 0.40 m
 - Número de plantas por golpe : 2

Croquis experimental

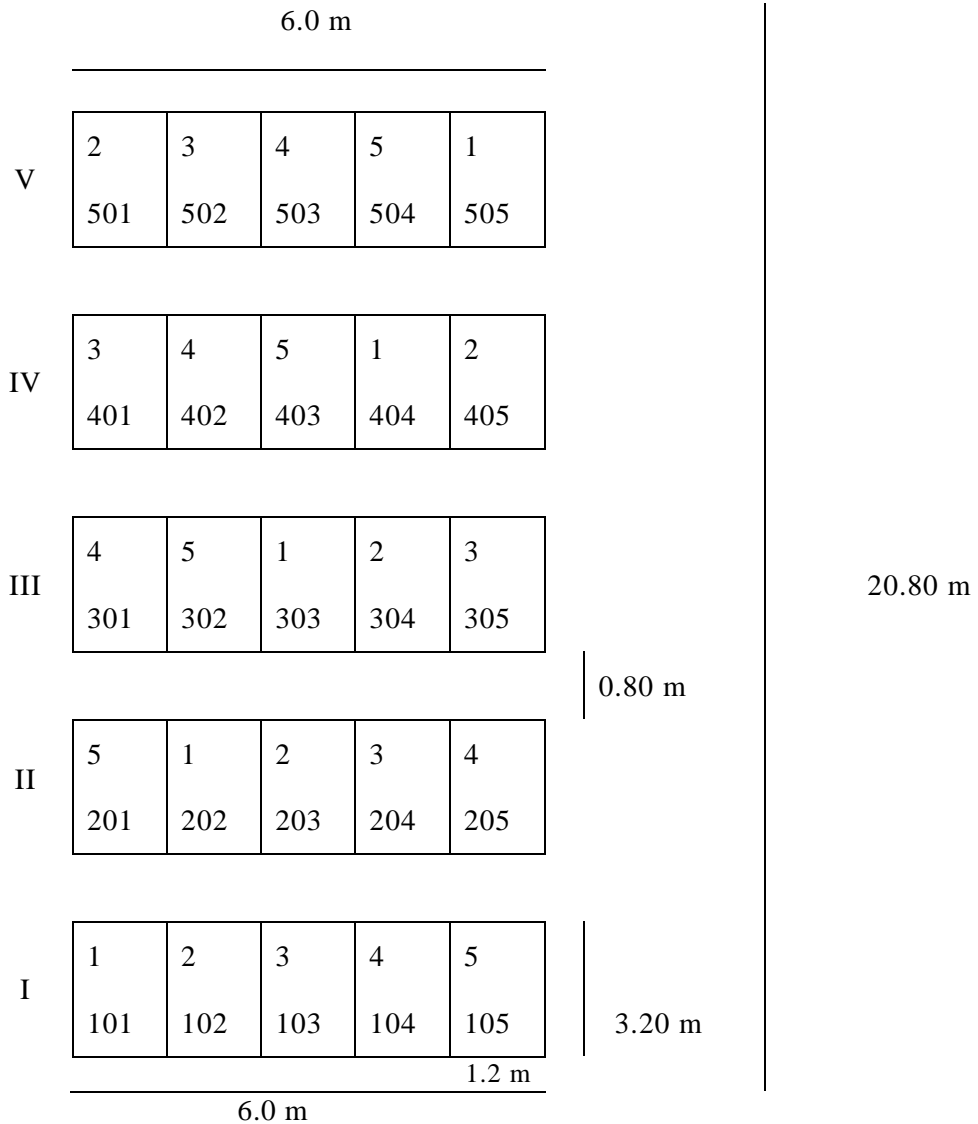


Figura 1. Características del croquis experimental

2.2.7 Conducción del experimento

Preparación del Terreno

Las labores de preparación del terreno se iniciaron el 28 de agosto del año 2020, con la limpieza de campo, eliminando malezas y recogiendo todo tipo de rastros del cultivo anterior. Posteriormente, el 30 de agosto se realizó la aradura en seco a tracción animal y el 01 de setiembre se llevó a cabo el surcado para el riego de machaco.

El riego de machaco se realizó el 03 de setiembre, para proveer de la humedad suficiente al suelo. Dicho riego fue por gravedad, durante dos horas, con un volumen aproximado de 290 m³/ha (Tabla 5).

Seguidamente, el 12 de setiembre, se llevó a cabo la aradura en húmedo y surcado para la siembra a tracción animal, quedando de esta manera el campo experimental listo para la demarcación y siembra.

El terreno quedó surcado a 1.20 m entre camas, las cuales tenían dos hileras cada una, separadas a 60 cm entre ellas.

Demarcación del campo experimental

Verificando la capacidad de campo del terreno, el día 12 de setiembre se procedió a demarcar el campo, con las dimensiones que el croquis experimental indicaba, según el diseño experimental elegido.

Para la demarcación del campo experimental se utilizó diversos materiales como: wincha de lona de 30 m, cordel, estacas, tarjetas de identificación de tratamientos para cada parcela y yeso agrícola, quedando adecuadamente delimitado.

Inoculación

La inoculación de la semilla con las cepas seleccionadas de *Bacillus* sp., *Bradyrhizobium* sp. y *B. yuanmingense* procedentes del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina, se realizó momentos antes de la siembra, en un lugar con suficiente sombra para proteger los inoculantes.

La inoculación consistió en incorporar 0.5 ml de cada cepa a la semilla correspondiente a las cinco parcelas de cada tratamiento, junto con suelo fino del campo y gotas de agua mineral, formando una pasta húmeda y frotando suavemente la semilla con la mezcla preparada, tratando que el inoculante cubra plenamente la superficie.

La semilla inoculada, se dejó en reposo por breves minutos, facilitando la impregnación del inoculante.

Siembra

La siembra se realizó el 12 de setiembre, depositando tres semillas por golpe en la costilla del surco, con lampa, utilizando guantes quirúrgicos para garantizar protección y prevención al estar en contacto con las cepas de los microorganismos como inoculantes.

Resiembra

Después de realizar evaluaciones previas de la emergencia de plantas en cada unidad experimental se tomó la decisión de llevar a cabo la resiembra, el 22 de setiembre, con la finalidad de uniformizar la población de plantas por parcela.

La semilla utilizada para la resiembra, tuvo que ser inoculada con las cepas de rizobacterias correspondientes a los tratamientos, a diferencia de los testigos.

Biofertilización

La biofertilización consistió en la co inoculación de la semilla de pallar, con las cepas seleccionadas de *Bacillus* sp. cuya función es promover la disponibilidad del Fósforo y mejorar su asimilación; juntamente con las cepas de *Bradyrhizobium* sp. o la de *Bradyrhizobium yuanmingense*, cuya función es la actividad simbiótica con la planta de pallar, proporcionándole el Nitrógeno atmosférico de manera biológica; de tal manera que las plantas de pallar tuvieron NP disponible.

Fertilización

La fertilización sintética consistió en aplicar Potasio, para balancear el contenido de nutrientes, con una dosis equivalente a 40 kg/ha de K₂O, completando la dosis de NPK para las plantas de pallar. La fuente de Potasio fue Sulfato de Potasio (50% K₂O), que se colocó a unos 10 cm del pie de planta, con lampa, el 28 de setiembre, a los 16 días después de la siembra. El tratamiento de control o tratamiento testigo, recibió la dosis de 40-60-40 de NPK, colocando la mezcla a unos 10 cm del pie de planta.

Riegos

Después del riego de machaco que fue por gravedad durante dos horas, el riego empleado fue a través del sistema tecnificado por goteo, con las cintas colocadas a un distanciamiento de 0.60 m y 0.30 m entre goteros, siendo el aforo de cada gotero 1.0 L/hora; con 208 m total de cintas y un número total de 693 goteros. Por fallas

técnicas del pozo que surtía el sistema por goteo, se tuvo que recurrir al riego por gravedad en dos ocasiones adicionales. El volumen total de agua de riego durante el ciclo del cultivo de pallar precoz fue de 2,827.93 m³/ha (Tabla 5).

Tabla 5
Cronograma del sistema de riego por goteo

Mes	Tipo de riego	Área (ha)	Caudal del pozo (m ³ /h)	Distancia de man-guera (m)	Dist. gotero (m)	Caudal gotero (L/H)	Tiempo de riego (horas)	Volumen total/diseño exp. (m ³)	Volumen total (m ³ /ha)
Set-20	G*	0.0124	145				2.00	3.60	290.00
Set-20	T**	0.0124	145	208	0.30	1	4.25	2.95	237.63
Oct-20	G	0.0124	145				1.25	2.25	181.25
Oct-20	T	0.0124	145	208	0.30	1	11.58	8.03	647.67
Nov-20	G	0.0124	145				0.25	0.45	36.25
Nov-20	T	0.0124	145	208	0.30	1	9.67	6.70	540.50
Dic-20	T	0.0124	145	208	0.30	1	15.50	10.75	866.67
Ene-21	T	0.0124	145	208	0.30	1	0.50	0.35	27.96
Total		0.0124	145				45.00	35.07	2,827.93

G*.- gravedad

T**.- tecnificado

Biofertilización y Fertilización Foliar:

De manera complementaria se realizaron aplicaciones foliares, según la etapa fenológica del cultivo (Tabla 6).

Tabla 6
Cronograma de aplicaciones foliares

Fecha	Edad del cultivo (dds)*	Producto	Dosis
22 y 28/09/2020	10 y 16	Biol	800 ml/20L
03/10/2020	21	Biol	800 ml/20L
		Biol	600 ml/20L
06/10/2020	24	20-20-20+Mg	1 L/200 L
		Poliphos	1 L/200 L
11/10/2020	29	Biol	600 ml/20L
		Biol	600 ml/20L
15/10/2020	33	20-20-20+Mg	1 L/200 L
19/10/2020	37	Biol	600 ml/20L
21/10/2020	39	20-20-20+Mg	1 L/200 L
		Biol	600 ml/20L
26/10/2020	44	Biostim Ca - B	100 ml/20L
		Biol	600 ml/20L
04/11/2020	52	Biostim Ca - B	100 ml/20L
		Biol	600 ml/20L
18/11/2020	66	Biostim Ca - B	100 ml/20L
		K foliar	100 ml/20L
08 y 23/12/2020	86 y 101	Oligomix	10 g/20L

*.- Días después de la siembra

Las aplicaciones foliares se iniciaron con aplicaciones frecuentes de biol; alternando con aplicaciones de NPK-Mg durante el crecimiento de las plantas; aplicaciones con productos a base de Ca – B para favorecer el cuajado de vainas y evitar caída de flores; finalmente se realizaron aplicaciones con productos conteniendo K y microelementos para contribuir con el llenado de vainas y granos (Tabla 6).

Desahije

El desahije se realizó el 03 de octubre del 2020 y consistió en eliminar las plantas más pequeñas, débiles o mal conformadas de cada golpe y se dejó las dos plantas más vigorosas y de mejor aspecto vegetativo y fitosanitario; con lo cual se disminuyó el efecto dañino de la competencia entre plantas.

Deshierbos

Las malezas, son plantas que pueden competir por espacio, luz, agua y nutrientes cuando se encuentran muy cerca de las plantas de pallar, o muestran un aspecto poco agradable del campo cuando ocupan otros espacios diferentes al golpe de plantas.

Se realizaron en total cuatro deshierbos importantes, a partir de los ocho días de edad del cultivo, eliminando las malezas utilizando lampa y algunas veces de manera manual (Tabla 7).

Tabla 7
Cronograma de deshierbos

Nº	Fecha de la labor de deshierbo	Edad del cultivo (días)
1	20/09/2020	08
2	10/10/2020	28
3	15/11/2020	63
4	30/11/2020	78

Las malezas que con mayor frecuencia se encontraron en el campo experimental fueron de hoja ancha y gramíneas; entre las que se pueden mencionar: *Priva laevis* (papilla), *Chenopium* sp. (quinua silvestre), *Cynodon dactylum* (grama dulce), *Amaranthus* sp. (yuyo), entre otras.

Manejo Fitosanitario

El cultivo de pallar, no presenta resistencia genética a las plagas y puede ser atacado por diversos insectos, siendo alguno de ellos de importancia económica, de los cuales los más comunes son los gusanos de tierra en la primera etapa vegetativa del cultivo, que dañan las plantas tiernas, para lo cual se prepararon cebos tóxicos que se

colocaron en horas de la tarde por su hábito nocturno. Posteriormente se presentaron los insectos picadores chupadores como mosca blanca, pulgones y cigarritas. Los insectos cuyas larvas son comedores de hoja, de brotes tiernos y de vainas, se fueron presentando conforme avanzaban las etapas fenológicas del cultivo.

Para tomar la decisión sobre el método de control a utilizar, se realizaron evaluaciones frecuentes de la presencia de plagas o incidencia de las mismas, teniendo en cuenta el nivel de daño en que se encontraban a fin de aplicar la labor de control pertinente (Tabla 8).

Con respecto a las enfermedades que se presentaron en el cultivo de pallar, se puede mencionar como la más importante a la chupadera fungosa producida por *Rhizoctonia solani*, *Fusarium sp.* y el virus del mosaico común (BCMV), con daños muy ligeros, presentándose por focos y sin importancia económica.

Tabla 8
Cronograma del manejo fitosanitario

Fecha	Labor realizada	Producto	Dosis	Plagas a controlar
18/09/2020	Cebo tóxico	Melaza+afrecho + Methomyl	4L+10kg 100 g	Gusano de tierra (<i>Agrotis sp.</i> y <i>Spodoptera sp.</i>)
25/09/2020	Cebo tóxico	Melaza+afrecho Methomyl	4L+10kg 100 g	Gusano de tierra (<i>Agrotis sp.</i> y <i>Spodoptera sp.</i>)
02/10/2020	Trampas etológicas	Trampas de melaza	2%	Adultos de lepidópteros
06/10/2020	Trampas etológicas	Trampa Pegante Amarilla	3 m 1 L	<i>Bemisia tabacci</i> , <i>Aphis gossypii</i> . <i>E. kraemeri</i> .
13/10/2020	Aplicación	TRIGARD® 75 WP (Ciromazina) Verzus (Emamectin benzoate)	7 g/20 L 40 g/20 L	<i>Bemisia tabacci</i> , <i>Elasmopalpus lignosellus</i> , <i>Aphis gossypii</i> , <i>E. kraemeri</i>
20/10/2020	Aplicación	TRIGARD® 75 WP (Ciromazina) Verzus (Emamectin benzoate)	7 g/20 L 40 g/20 L	<i>Bemisia tabacci</i> , <i>Elasmopalpus lignosellus</i> , <i>Aphis gossypii</i> , <i>E. kraemeri</i>
01/11/2020	Control biológico	<i>Liberacion de crysopa</i>	12 M/ha	<i>Bemisia tabacci</i> , <i>Aphis gossypii</i> . <i>E. kraemeri</i> .
19/11/2020 25/11/2020	Aplicación biológica	Biospore 6.4 % PM (<i>B. Thuringiensis</i>)	100 ml/20 L	<i>Heliothis virescens</i> (Gusano perforador de las vainas)
01/12/2020 17/12/2020	Aplicación química	Stermin® 600 sl (Methamidophos)	40 ml /20L	<i>Heliothis virescens</i> , <i>E. kraemeri</i> , <i>Epinotia aporema</i>

Muestreo

Durante las evaluaciones de los diversos caracteres morfo agronómicos de pallar, se marcaron al azar plantas representativas en cada parcela o unidad experimental, para tenerlas en cuenta en la cosecha y realizar las evaluaciones pendientes.

El muestreo consistió en verificar la madurez de las vainas y cosechar previamente las plantas marcadas por cada parcela, extrayendo todas las vainas (maduras e inmaduras) que, de manera separada fueron colocadas en bolsas identificadas para ser llevadas a un ambiente seguro a completar su secado para su posterior trillado y realizar las evaluaciones correspondientes a vainas y granos de cada unidad experimental.

Cosecha

Una vez cosechadas las vainas maduras e inmaduras de las plantas marcadas por cada parcela, el 16 de enero del 2021, se procedió a cosechar las demás plantas de cada unidad experimental, la misma que consistió en extraer las vainas maduras e inmaduras de cada planta para ser colocadas en bolsas de papel debidamente identificadas. Las bolsas conteniendo las vainas cosechadas, fueron llevadas a una era para continuar su secado hasta lograr en los granos la humedad adecuada para poder facilitar la trilla y obtener los granos secos, con lo cual se pudo realizar las evaluaciones planificadas.

Trilla

La trilla consistió en extraer los granos de las vainas con un porcentaje de humedad aproximado de 14%. Esta labor se realizó ocho días después de la cosecha, el 24 de enero del 2021, cuando las vainas presentaron aspecto quebradizo ante la presión de los dedos, extrayendo con facilidad los granos, los que fueron depositados en bolsas de papel debidamente identificadas, para continuar con las evaluaciones pendientes sobre el peso de granos por parcela.

2.2.8 Metodología de evaluación de las variables

A continuación, se describe la metodología que se siguió para evaluar cada una de las variables planificadas, de interés en la investigación, acorde con los objetivos propuestos.

Las variables evaluadas fueron:

- ❖ **Porcentaje de emergencia (%).** – A los seis y ocho días después de la siembra, se evaluó el porcentaje de emergencia, contando el número de plantas emergidas

en cada parcela, respecto del número de semillas sembradas en cada golpe, expresado en porcentaje.

- ❖ **Longitud de la parte aérea (cm).** - En plena floración (50%), se extrajeron cinco plantas por parcela y se separó la parte aérea de la parte radicular con ayuda de un cuchillo, anotándose el promedio de longitud de la parte aérea.
- ❖ **Longitud de la parte radicular (cm).** - De la misma manera en que se tomó la longitud de la parte aérea de cinco plantas por parcela, se tomó la longitud de la parte radicular de dichas plantas extraídas por parcela, expresando en promedio por planta y por parcela.
- ❖ **Peso seco de la biomasa aérea por planta (g).** - Al separar la parte aérea de la parte radicular de las cinco plantas extraídas por parcela, la parte aérea de la planta se acondicionó en bolsas de papel debidamente rotuladas, para llevar a estufa y se obtuvo el peso seco promedio por planta.
- ❖ **Peso seco de la biomasa radicular por planta (g).** - De la misma manera que la parte aérea de cada planta extraída por parcela, la parte radicular se acondicionó en bolsa de papel debidamente rotuladas y se llevaron a estufa para obtener el peso seco respectivo.
- ❖ **Número de nódulos por planta (unidad).** - En cada una de las cinco plantas extraídas por parcela, se procedió a contar los nódulos presentes en las raíces y se obtuvo el promedio respectivo, siendo un número muy variable; por lo que se tuvo que realizar la transformación de datos con la raíz cuadrada ($\sqrt{\quad}$), disminuyendo así la varianza.
- ❖ **Número de vainas por planta (unidad).** – En cada una de las cinco plantas marcadas por parcela, se procedió a extraer y contar el número de vainas por planta; para lo cual se consideraron las vainas secas y las vainas que aún no lograron estar muy secas para la sumatoria general y se obtuvo el promedio respectivo.
- ❖ **Peso de 100 granos (g).** - Se formaron tres grupos de 100 granos secos de cada parcela y se procedió al pesado en balanza de precisión, obteniendo el promedio respectivo. Los granos que se consideraron para esta evaluación fueron tomados al azar; sin embargo, debieron ser granos sanos, bien conformados, evitando los granos partidos o defectuosos.

- ❖ **Peso de granos por planta (g).** - Se tomó el peso de todos los granos de las cinco plantas competitivas de cada parcela, que se mantenían en bolsas identificadas y se obtuvo el promedio respectivo.
- ❖ **Contenido de N en el grano (%).** – Para calcular el contenido de Nitrógeno en el grano, se llevó 25 g de grano seco de pallar, de cada parcela al Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Plantas de la Universidad Nacional Agraria, La Molina, para su análisis respectivo.

2.2.9 Procesamiento de los datos

Los datos obtenidos de cada variable en la fase de campo, se organizaron y se analizaron mediante el Análisis de Varianza (ANVA) a través de la prueba de significación “F”, para establecer la significación estadística de las fuentes de variación a los niveles 0.05 y 0.01 de probabilidad.

Para la comparación de los promedios, se utilizó la Prueba de Rango Múltiple de Duncan al 0.05 de probabilidad, a fin de establecer el orden de mérito relativo de los tratamientos en estudio.

Se hallaron los promedios, la desviación estándar, el error estándar y el coeficiente de variabilidad de cada una de las variables evaluadas.

III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en el presente estudio.

Porcentaje de emergencia

En el Análisis de varianza realizado para el porcentaje de emergencia, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ni entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 5.03% (Tabla 9).

Tabla 9

Análisis de varianza del porcentaje de emergencia en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	16.7685	4.1921 NS	0.2087	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	25.8601	6.4650 NS	0.3218	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	321.4489	20.0906	--		
Total	24	364.0776	--	--		
$S_{\frac{X}{X}} = 2.005$		C.V. = 5.03 %	Promedio = 89.14 g			

NS. - No existe diferencia significativa

Tabla 10

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del porcentaje de emergencia en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Porcentaje de emergencia	
		Promedio (%)	Duncan 0.05
3	<i>Bacillus + Bradyrhizobium sp + B. yuanmingense</i>	90.48	a
1	<i>Bacillus sp + Bradyrhizobium sp.</i>	89.53	a
2	<i>Bacillus sp + B. yuanmingense</i>	89.05	a
5	Testigo absoluto	88.57	a
4	Testigo con fertilizante NP	88.10	a

Nota.- Los tratamientos con la misma letra, no son significativamente diferentes entre sí

Longitud de la parte aérea

En el Análisis de varianza realizado para la longitud de la parte aérea de las plantas, se observa que no se ha encontrado diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados, ni entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 4.41% (Tabla 11).

Tabla 11

Análisis de varianza de la longitud de la parte en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	12.1347	3.0337 NS	0.4303	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	35.8134	8.9533 NS	1.2701	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	112.7896	7.0494	--		
Total	24	160.7377	--	--		
$\frac{S_{\bar{X}}}{X} = 1.187$		C.V. = 4.41 %	Promedio = 60.24 cm			

NS.- No existe diferencia significativa

Tabla 12

Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte aérea en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica.

N°	Tratamientos	Longitud de la parte aérea	
		Promedio (cm)	Duncan 0.05
5	Testigo absoluto	61.23	a
4	Testigo con fertilizante NP	60.67	a
2	<i>Bacillus</i> sp + <i>B. yuanmingense</i>	60.20	a
1	<i>Bacillus</i> sp + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	59.92	a
3	<i>Bacillus</i> + <i>Bradyrhizobium</i> sp + <i>B. yuanmingense</i>	59.17	a

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

Longitud de la parte radicular

En el Análisis de varianza realizado para la longitud de la parte radicular, no se ha encontrado diferencia estadística significativa entre tratamientos, ni entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 7.44% (Tabla 13).

Tabla 13

Análisis de varianza de la longitud de la parte aérea en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	7.07468	1.7687 NS	0.3118	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	49.41848	12.3546 NS	2.1779	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	90.76424	5.6728			
Total	24	147.2574	--	--		
$\frac{S_{\bar{X}}}{X} = 1.065$		C.V. = 7.44 %	Promedio = 32.00 cm			

NS.- No existe diferencia significativa

Tabla 14

Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte radicular en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Longitud de la parte radicular	
		Promedio (cm)	Duncan 0.05
1	<i>Bacillus</i> sp + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	32.90	a
5	Testigo absoluto	32.17	a
3	<i>Bacillus</i> + <i>Bradyrhizobium</i> sp + <i>B. yuanmingense</i>	31.92	a
2	<i>Bacillus</i> sp + <i>B. yuanmingense</i>	31.72	a
4	Testigo con fertilizante NP	31.30	a

Nota.- Los tratamientos con la misma letra, no son significativamente diferentes entre sí

Peso seco de la biomasa aérea por planta

En el Análisis de varianza realizado para el peso seco de la biomasa aérea por planta, se ha encontrado diferencia significativa entre tratamientos, sin diferencia significativa entre bloques o repeticiones, presentando un coeficiente de variabilidad de 16.55% (Tabla 15).

Tabla 15

Análisis de varianza del peso seco de la biomasa aérea por planta en el rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	552.2827	138.0707 *	3.1342	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	328.1225	82.0306 NS	1.8621	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	704.8386	44.0524	--		
Total	24	1585.244	--	--		
S _x = 2.968		C.V. = 16.55 %		Promedio = 40.11 g		

NS.- No existe diferencia significativa

Tabla 16

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la biomasa aérea por planta en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Peso seco de la biomasa aérea por planta		
		Promedio (g)	Duncan 0.05	O.M.
3	<i>Bacillus</i> + <i>Bradyrhizobium</i> sp + <i>B. yuanmingense</i>	46.46	a	1°
4	Testigo con fertilizante NP	44.50	a b	1°
1	<i>Bacillus</i> sp + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	39.42	a b	1°
2	<i>Bacillus</i> sp + <i>B. yuanmingense</i>	35.38	a b	1°
5	Testigo absoluto	34.82	b	2°

Nota.- Los tratamientos con la misma letra, no son significativamente diferentes entre sí

Número de nódulos por planta

No se ha encontrado diferencia estadística significativa entre tratamientos ni entre repeticiones en el análisis de varianza realizado para el número de nódulos por planta; siendo necesario haber transformado los valores mediante la raíz cuadrada, a fin de homogenizar las varianzas; presentando un coeficiente de variación de 19.9% (Tabla 17).

Tabla 17

Análisis de varianza del número de nódulos por planta transformado por $\sqrt{\quad}$ en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	9.8622	2.4656 NS	2.0396	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	2.1732	0.5433 NS	0.4494	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	19.3414	1.2088	--		
Total	24	31.3768	--	--		
$\frac{S_{\bar{X}}}{X} = 0.492$		C.V. = 19.9 %	Promedio = 5.52 nódulos			

NS. - No existe diferencia significativa

Tabla 18

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de nódulos por planta transformado por $\sqrt{\quad}$ en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica

Nº	Tratamientos	Número de nódulos por planta			O.M
		Promedio Transformado	Promedio real	Duncan 0.05	
3	<i>Bacillus</i> + <i>Bradyrhizobium</i> sp + <i>B. yuanm.</i>	6.40	41.28	a	1°
5	Testigo absoluto	5.68	33.78	a b	1°
1	<i>Bacillus</i> sp + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	5.65	32.75	a b	1°
2	<i>Bacillus</i> sp + <i>B. yuanmingense</i>	5.43	30.33	a b	1°
4	Testigo con fertilizante NP	4.45	20.68	b	2°

Nota.- Los tratamientos con la misma letra, no son significativamente diferentes entre sí

Contenido de Nitrógeno en el grano

Al realizar el análisis de varianza del contenido de Nitrógeno en el grano de pallar, se observa que no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos en estudio ni entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 1.63% (Tabla 19).

Tabla 19

Análisis de varianza del contenido de Nitrógeno en el grano en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	0.00887	0.0022 NS	0.6232	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	0.00988	0.0049 NS	1.3889	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	0.02845	0.0036	--		
Total	24	0.0472	--	--		
$\frac{S}{X} = 0.027$		C.V. = 1.63%	Promedio = 3.67% N			

NS. - No existe diferencia significativa

Tabla 20

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del contenido de Nitrógeno en el grano en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica

Nº	Tratamientos	Contenido de N en el grano		O.M
		Promedio (%)	Duncan 0.05	
1	<i>Bacillus</i> sp + <i>Bradyrhizobium</i> sp	3.68	a	--
4	Testigo con fertilizante NP	3.67	a	--
3	<i>Bacillus</i> + <i>Bradyrhizobium</i> sp + <i>B. yuanm.</i>	3.66	a	--
2	<i>Bacillus</i> sp + <i>B. yuanmingense</i>	3.64	a	--
5	Testigo absoluto	3.61	a	--

Nota.- Los tratamientos con la misma letra, no son significativamente diferentes entre sí

Número de vainas por planta

En el análisis de varianza realizado para el número de vainas por planta, se observa que se ha encontrado diferencia significativa con 95% de confiabilidad tanto entre tratamientos como entre repeticiones, con un coeficiente de variación de 7.03% (Tabla 21).

Tabla 21

Análisis de varianza del número de vainas por planta en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	49.1728	12.2932 *	4.7430	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	14.2846	3.5712 NS	1.3778	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	41.4700	2.5919	--		
Total	24	104.9275	--	--		
$\frac{S}{X} = 0.720$		C.V. = 7.03%	Promedio = 22.91 vainas			

NS.- No existe diferencia significativa *- Existe diferencia significativa (95% de confiabilidad)

Tabla 22

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de vainas por planta en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Número de vainas por planta		O.M
		Promedio (unidad)	Duncan 0.05	
1	<i>Bacillus</i> sp + <i>Bradyrhizobium</i> sp	24.23	a	1°
3	<i>Bacillus</i> + <i>Bradyrhizobium</i> sp + <i>B. yuanming</i> .	23.96	a	1°
2	<i>Bacillus</i> sp + <i>B. yuanmingense</i>	23.89	a	1°
4	Testigo con fertilizante NP	21.73	a b	1°
5	Testigo absoluto	20.76	b	2°

Nota.- Los tratamientos con la misma letra, no son significativamente diferentes entre sí

Peso de 100 granos

No se ha encontrado diferencia estadística significativa entre ninguna de las fuentes de variación, en el análisis de varianza realizado para el peso de 100 granos, con un coeficiente de variabilidad de 3.68% (Tabla 23).

Tabla 23

Análisis de varianza del peso de 100 granos en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	470.16	117.540 NS	2.2489	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	243.86	60.965 NS	1.1665	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	836.24	52.265	--		
Total	24	1550.26	--	--		
$\frac{S}{X} = 3.233$		C.V. = 3.68%	Promedio = 195.36 g			

NS.- No Existe diferencia significativa

Tabla 24

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de 100 granos en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Peso de 100 granos		O.M
		Promedio (g)	Duncan 0.05	
1	<i>Bacillus</i> sp + <i>Bradyrhizobium</i> sp	201.2	a	--
4	Testigo con fertilizante NP	199.4	a	--
3	<i>Bacillus</i> + <i>Bradyrhizobium</i> sp + <i>B. yuanm</i> .	198.4	a	--
2	<i>Bacillus</i> sp + <i>B. yuanmingense</i>	193.4	a	--
5	Testigo absoluto	189.4	a	--

Nota.- Los tratamientos con la misma letra, no son significativamente diferentes entre sí

Peso de grano por planta

En el análisis de variancia realizado para el rendimiento unitario o peso de grano por planta, se encontró que existe diferencia significativa con 95% de confiabilidad entre los tratamientos evaluados y entre las repeticiones, con un coeficiente de variabilidad de 4.96% (Tabla 25).

Tabla 25

Análisis de varianza del peso de granos por planta en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	546.9727	136.7432*	4.7233	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	349.3478	87.3369*	3.0167	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	463.2134	28.9508			
Total	24	1359.534	--	--		
$\frac{S}{X} = 2.406$		C.V. = 4.96%	Promedio = 108.43 g			

*.- Existe diferencia significativa

Tabla 26

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de granos por planta en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica.

N°	Tratamientos	Peso de granos por planta		O.M
		Promedio (g)	Duncan 0.05	
2	<i>Bacillus</i> sp + <i>B. yuanmingense</i>	112.46	a	1°
3	<i>Bacillus</i> + <i>Bradyrhizobium</i> sp + <i>B. yuanm.</i>	112.27	a	1°
1	<i>Bacillus</i> sp + <i>Bradyrhizobium</i> sp	109.80	a	1°
4	Testigo con fertilizante NP	107.91	a b	1°
5	Testigo absoluto	99.70	b	2°

Nota.- Los tratamientos con la misma letra, no son significativamente diferentes entre sí

Rendimiento por parcela y por hectárea

En el análisis de variancia realizado para el rendimiento por parcela, se encontró que existe diferencia significativa con 95% de confiabilidad entre los tratamientos evaluados y diferencia altamente significativa con 99% de confiabilidad entre las repeticiones, con un coeficiente de variabilidad de 7.73% (Tabla 27).

Tabla 27

Análisis de varianza del rendimiento de grano por parcela en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	93073.6	23268.4 *	3.8819	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	157202	39300.5 **	6.5565	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	95905.4	5994.0875	--		
Total	24	346181	--	--		
S _X = 34.624		C.V. 7.73%	Promedio = 1001.1 g			

*.- Existe diferencia significativa

**.- Existe diferencia altamente significativa

Tabla 28

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del rendimiento de grano por parcela y por hectárea en la respuesta en rendimiento y contenido de nitrógeno de pallar precoz, a la coinoculación con rizobacterias en Subtanjalla – Ica

N°	Tratamientos	Rendimiento de grano			O.M
		Promedio (g/parcela)	Promedio (kg/ha)	Duncan 0.05	
3	<i>Bacillus + Bradyrhizobium sp + B. yuanm.</i>	1092.2	2844.27	a	1°
1	<i>Bacillus sp + Bradyrhizobium sp.</i>	1027.8	2676.56	a b	1°
2	<i>Bacillus sp + B. yuanmingense</i>	1013.7	2639.84	a b	1°
4	Testigo con fertilizante NP	957.6	2493.75	a b	1°
5	Testigo absoluto	914.2	2380.73	b	2°

Nota.- Los tratamientos con la misma letra, no son significativamente diferentes entre sí

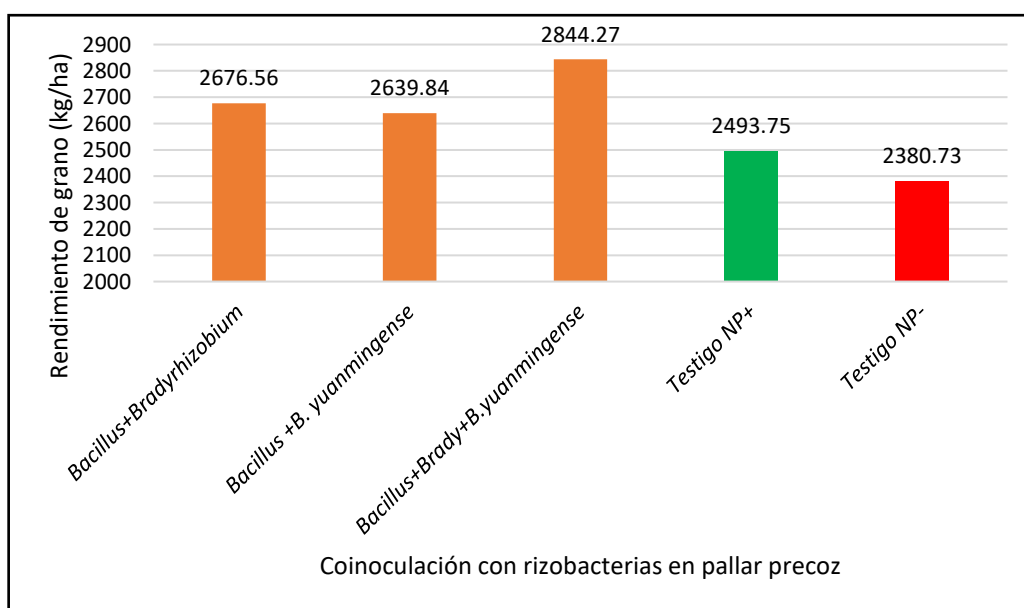


Figura 2. Rendimiento de grano de pallar precoz en la coinoculación con rizobacterias

IV. DISCUSIÓN

El cultivo de pallar, representa para la región Ica y el país un recurso genético de gran importancia por su valioso aporte nutricional en el contenido de proteína (20 - 22%); es la leguminosa que puede considerarse dentro de un programa de rotaciones con cultivos de mayor rentabilidad pero muy extractivos de fertilizantes, como son las gramíneas u otros cultivos de exportación; por su condición de ser mejorador de la salud del suelo, al aportar materia orgánica en los restos de la planta que queda o se incorpora al suelo.

Su habilidad o capacidad de realizar simbiosis con sus rizobios nativos, es que le permite adaptarse a diversos tipos de suelo donde encuentra estos microorganismos de quienes recibe el aporte de la fijación biológica del suelo (FBN) del Nitrógeno atmosférico y ofrece los carbohidratos que éstos requieren, en una asociación simbiótica muy favorable para el cultivo de pallar.

Los rizobios son bacterias Gram-negativos que viven de manera libre en el suelo, no pueden fijar Nitrógeno de manera individual; por ello, las bacterias simbióticas, son las que en las raíces de la planta de pallar forman nódulos, donde se acumula el nitrógeno atmosférico (N₂), convirtiéndolo en amoníaco, que la planta puede tomar y utilizar para su crecimiento y lo libera al suelo cuando los nódulos llegan a la etapa de senescencia (vejez o muerte), con lo cual, se mejora el contenido de materia orgánica en el suelo.

Teniendo en cuenta la capacidad simbiótica del pallar con los rizobios, que le permite proveerse del elemento Nitrógeno, a través de la fijación biológica del nitrógeno (FBN); se ha planteado el presente estudio promoviendo la coinoculación de cepas seleccionadas de bacterias del género *Bradyrhizobium* sp. con las de *Bacillus* sp., buscando potenciar el efecto de ambas en el rendimiento y otras características de la línea de pallar PPD 162-1-2013.

Los inoculantes utilizados en la semilla de pallar, al promover la nutrición nitrogenada, por la FBN, o una mejor asimilación por la solubilización del fósforo, son una alternativa para la producción sostenible del pallar, al utilizar cepas seleccionadas de rizobacterias, como biofertilizantes.

Características del suelo

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en condiciones edafo climáticas de la zona media del valle de Ica, en un terreno de textura Arena Franco (Tabla 1), de consistencia ligera; con una baja capacidad retentiva de agua y nutrientes; que en el estudio realizado no fue limitante, ya que el riego fue con el sistema tecnificado por goteo; con lo cual, se garantizó el crecimiento y desarrollo de las plantas de pallar. El suelo donde se realizó el estudio presentó una reacción moderadamente alcalina (Tabla 2), sin problemas de salinidad, con contenido medio de calcáreo, contenido bajo de materia orgánica y Nitrógeno, el contenido de Fósforo,

es medio; la capacidad de intercambio catiónico es baja, con predominancia de los iones Calcio y Magnesio; mientras que el Sodio y el Potasio se encuentran en proporciones normal y medio, respectivamente.

Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas de la zona media del valle de Ica, donde se realizó la presente investigación (Tabla 3), se caracterizaron por las temperaturas medias de las primeras etapas vegetativas del cultivo, que fueron incrementando progresivamente desde 19.52°C del mes de setiembre en que se realizó la siembra, siendo favorable para garantizar una adecuada germinación, emergencia y un adecuado crecimiento, aunque, se debe hacer notar que estas temperaturas favorecieron la presencia de insectos posibles plagas; hasta 24.43°C del mes de enero en que se realizó la cosecha, favoreciendo el estado de madurez y secado de vainas y granos. Acorde con la época de siembra, las temperaturas máximas superaron 28°C, sobrepasando los 30°C en los meses de diciembre y enero; por lo que, se tuvo que tener mayor cuidado con el manejo fitosanitario y con el volumen y frecuencia de riego por el sistema tecnificado de goteo; a fin de no perjudicar la etapa de polinización y formación de vainas y granos. El mes de noviembre presentó en promedio 9.09 horas de sol, siendo el de mayor número de horas de sol diarias; mientras que, en diciembre y enero de manera sucesiva, se presentaron las menores horas de sol con 7.42 y 7.22 horas de sol por día, respectivamente; probablemente debido a que, durante dichos meses, también son frecuentes los días nublados.

El porcentaje de humedad relativa mensual, se mantuvo más o menos homogéneo durante el ciclo del cultivo, empezando con un promedio de 75.92% en el mes de setiembre durante la siembra y la primera etapa del cultivo y terminando con 75.16% de humedad relativa en promedio, en el mes de enero, en que se realizó la cosecha.

El cultivo de pallar, tiene preferencia por temperaturas cálidas durante la siembra, preferentemente temperaturas bajas durante la etapa reproductiva, para favorecer la polinización y la formación de vainas y granos con un buen cuajado; y, nuevamente prefiere temperaturas cálidas en la etapa de madurez y secado de vainas y granos. Lo descrito, hace notar que las condiciones meteorológicas que se presentaron durante el ciclo del cultivo de pallar en la presente investigación (Tabla 3), no fueron las ideales; sin embargo, la línea de pallar en estudio, viene siendo evaluada y seleccionada por su tolerancia a esta época de siembra y su mayor tolerancia al estrés por temperaturas más cálidas, logrando un buen porcentaje de vainas logradas por planta.

Porcentaje de emergencia (%)

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para comparar los promedios del porcentaje de emergencia de los tratamientos evaluados, se observa que se corrobora la

ausencia de diferencia significativa entre ellos, presentando valores muy similares, desde 90.48% de emergencia para el tratamiento 3(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + *B. yuanmingense*), hasta 88.57 y 88.10% de emergencia para ambos testigos considerados para este estudio (Tabla 9 y Tabla 10).

La semilla de la línea de pallar utilizada en el presente estudio procedía de cosecha reciente; por lo que, al evaluar el porcentaje de emergencia, entre todos los tratamientos presentaron una variación general de 90.48 a 88.10% de porcentaje de emergencia, siendo bastante aceptable, al tratarse de semillas vigorosas, sanas y de reciente cosecha; lo que se puede referir es que los tratamientos aplicados y los testigos considerados, no mostraron diferencias estadísticas significativas. No debe dejar de mencionarse que la semilla sólo fue coinoculada con las rizobacterias, sin ser desinfectadas por agroquímicos. La resiembra realizada fue mínima, para homogenizar la población de plantas por parcela; teniendo cuidado de considerar la coinoculación con las rizobacterias respectivas, en las parcelas correspondientes; del mismo modo que los testigos, en que se tuvo cuidado de sembrar sin inocular.

Otro de los autores que evaluaron el efecto de las rizobacterias solas o combinadas, fue [17], quien, al evaluar el porcentaje de emergencia, no encontró diferencia significativa entre los tratamientos coinoculados y/o reinoculados con rizobacterias, y los testigos, con una variación entre 94.4 y 86.4%, en promedio, respectivamente. En este caso, también se resalta la calidad de la semilla utilizada, con respecto al vigor y porcentaje de germinación, por proceder de reciente cosecha.

Longitud de la parte aérea

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para comparar los promedios de la longitud de la parte aérea de los tratamientos en estudio, se corroboró la similitud de la longitud de la parte aérea, alcanzada entre ellos, presentando valores numéricamente diferentes, pero estadísticamente muy similares, que van desde 61.23 cm de longitud para el testigo absoluto y 60.67 cm para el testigo fertilizado (NP), hasta el tratamiento co inoculado con 3(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + *B. yuanmingense*), que alcanzó 59.17 cm de longitud de la parte aérea de la planta (Tabla 11 y Tabla 12).

Al evaluar la longitud de la parte aérea de la planta (LPA), se tuvo como respuesta una similitud entre los tratamientos coinoculados y los testigos, presentando un promedio general de 60.24 cm; con lo cual se puede referir que no hubo efecto positivo de los tratamientos sobre esta variable, que tiene un fuerte componente ambiental; es decir, responde más al manejo del cultivo con respecto al recurso hídrico y condiciones de suelo, coincidiendo con [15], quienes no encontraron diferencias significativas en la altura de planta de sus siete tratamientos inoculados y reinoculados con rizobacterias en el cultivo de pallar precoz en la misma época

de siembra del presente estudio tanto a los 30 como a los 40 días; Centeno y Garayar [16], tampoco encontraron diferencia significativa en la altura de plantas entre sus cinco tratamientos inoculados con rizobacterias y sus dos testigos correspondientes NP+ y NP- a los 30 días de edad de las plantas; en siembra del mes de abril [17], no encontró diferencia significativa en la altura de planta para sus cuatro tratamientos coinoculados y reinoculados con rizobacterias con sus respectivos testigos fertilizado y absoluto, aunque alcanzó una mayor altura de plantas de manera general comparando con los autores anteriormente mencionados y el presente estudio; de manera similar, [18], en siembra de setiembre, tampoco encontraron diferencia significativa en la altura de planta de las dos líneas de pallar coinoculadas con rizobacterias con su testigo fertilizado y su testigo absoluto.

Los trabajos de investigación de los autores mencionados, incluyendo el presente, confirman que la altura de plantas es una variable cuantitativa muy influenciada por el ambiente; por lo que la variación observada en esta variable, responde más al componente ambiental que al componente genético en respuesta a la coinoculación con rizobacterias, ya que se trata de un mismo genotipo de pallar.

Longitud de la parte radicular

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para comparar los promedios de la longitud de la parte radicular de las plantas de pallar, se corroboró la similitud entre ellos, presentando valores que van desde 32.90 cm de longitud de raíz para el tratamiento 1 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), seguido del testigo absoluto con 32.17 cm. El tratamiento 3 (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + *B. yuanmingense*), alcanzó 31.92 cm de longitud de raíz, seguido del tratamiento 2 (*Bacillus* sp y *B. yuanmingense*) con 31.72 cm y terminando con el testigo fertilizado (NP) que alcanzó 31.30 cm de longitud de la parte radicular, sin diferencia estadística significativa entre todos los valores hallados (Tabla 13 y Tabla 14).

En lo que respecta a la evaluación de la longitud de la parte radicular (LPR), no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, con un promedio general de 32.0 cm de longitud, se puede apreciar que tampoco se percibe un efecto positivo de la coinoculación con rizobacterias en esta variable evaluada, de la misma manera que [15] quienes encontraron valores similares en la longitud de la raíz de las plantas de pallar extraídas a los 30 y a 40 días entre los tratamientos coinoculados con rizobacterias; tal como [16] no encontraron diferencias significativas en la longitud de raíz entre sus cinco tratamientos inoculados con rizobacterias con sus testigos fertilizado y absoluto, en plantas extraídas a los 40 días después de la siembra; lo que permite referir que en la longitud de la raíz, no se ha observado un efecto positivo de la coinoculación con rizobacterias; por tener una mayor influencia ambiental, relacionada con el riego y otros componentes ambientales.

Peso seco de la biomasa aérea

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para el peso seco de la biomasa aérea por planta, se encontró que en el primer lugar se ubicaron cuatro tratamientos, desde 3(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + *B. yuanmingense*), con 46.46 g de peso seco, seguido del testigo fertilizado, con 44.50 g de peso seco de la biomasa aérea, tratamiento 1(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) con 39.42 g y el tratamiento 2 (*Bacillus* sp. + *B. yuanmingense* con 35.38 g de peso seco de la biomasa aérea. En el segundo lugar se ubicó solamente el testigo absoluto con 34.82 g de peso seco de la biomasa aérea (Tabla 15 y Tabla 16).

En la evaluación del peso seco de la biomasa aérea (PSBA) o peso seco del follaje de las plantas de pallar extraídas, se encontró un efecto positivo de la coinoculación con rizobacterias, igualando al testigo fertilizado (NP+) y superando solamente al testigo absoluto (NP-); con lo cual es posible inferir que la biomasa aérea se incrementa por una mayor actividad promotora del crecimiento, incrementando el contenido de materia seca. Estos resultados son similares a los obtenidos por [15], quienes reportan que los tratamientos inoculados y coinoculados, igualaron en peso seco del follaje de la parte aérea de la planta y superaron al testigo absoluto; mientras que [16], informan que de sus cinco tratamientos inoculados, solamente tres de ellos igualaron al testigo fertilizado y superaron a los otros dos tratamientos inoculados y al testigo absoluto, en la evaluación del peso seco del follaje; por otro lado, [17], refiere que sus tratamientos coinoculados y el testigo fertilizado, superaron numéricamente al testigo absoluto en el peso seco de follaje de las plantas de pallar, aunque sin diferencia significativa entre todos sus tratamientos evaluados; se puede concluir que se ha encontrado un efecto positivo de los inoculantes a base de rizobacterias en el incremento del peso de la materia seca por planta, de manera similar que el testigo fertilizado; pero, superando al testigo absoluto.

Número de nódulos por planta

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizado para el número de nódulos por planta, se observa que desde el tratamiento 3(*Bacillus* sp.+ *Bradyrhizobium* sp.+ *B. yuanmingense*), seguido del 5(testigo absoluto), 1 (*Bacillus* sp + *Bradyrhizobium* sp.) y 2(*Bacillus* sp + *B. yuanmingense*), se ubicaron en el primer lugar con 41.28; 33.78; 32.75 y 30.33 nódulos por planta, en promedio, respectivamente. Todos los tratamientos superaron significativamente al 4(testigo fertilizado con NP) que se ubicó en el segundo lugar con 20.68 nódulos por planta, en promedio (Tabla 17 y Tabla 18).

El número de nódulos promedio por planta evaluados en el momento de la extracción de las plantas de pallar fue de 31.77 nódulos, presentando una variación significativa; por lo que se tuvo que realizar la transformación de datos por la raíz cuadrada, de tal manera de poder

homogenizar un poco los datos obtenidos y realizar el análisis de varianza con la correspondiente disminución del coeficiente de variación.

Todos los tratamientos coinoculados junto con el testigo fertilizado, superaron al testigo absoluto, en esta variable; siendo diferente a los resultados obtenidos por [15] quienes reportaron escasos nódulos por planta tanto a los 30 como a los 40 días de edad de las plantas extraídas de pallar; de igual manera, [16] reportan pocos nódulos por planta siendo superados por los resultados del presente estudio. En la investigación realizada por [17], los valores obtenidos superan a los del presente estudio; ya que las plantas de pallar extraídas presentaron valores entre 48 y 68 nódulos por planta en promedio, para los tratamientos coinoculados y el testigo fertilizado, superando significativamente al testigo absoluto que obtuvo 23 nódulos por planta. La presencia de los nódulos en la etapa de floración de las plantas de pallar, indican la actividad simbiótica que se realiza entre las rizobacterias (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*) que intervienen en la fijación biológica de nitrógeno (FBN) que es potenciada en muchos casos por la actividad de las cepas de *Bacillus*.

Contenido de Nitrógeno en el grano

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se observa que el contenido de Nitrógeno en el grano, ha sido bastante similar, con una ligera superioridad numérica de todos los tratamientos incluyendo el testigo fertilizado, sobre el testigo absoluto, aunque sin diferencia estadística significativa entre ellos. Se observa una variación general entre 3.68% para el tratamiento 1(*Bacillus* sp + *Bradyrhizobium* sp.) y 3.61% para el testigo absoluto (Tabla 19 y Tabla 20).

Se ha realizado el análisis del contenido de nitrógeno en los granos de la línea de pallar en estudio, encontrando que no hubo diferencia significativa entre todos los tratamientos coinoculados con rizobacterias, incluyendo los testigos fertilizado y absoluto; con una variación entre 3.68 y 3.61% de N en el grano; lo que evidencia que el contenido de proteínas está alrededor de 22%, que es lo que caracteriza a esta leguminosa. Este resultado es ligeramente inferior al reportado por [15] quienes reportan un valor promedio de 4.0% de N entre todos sus tratamientos incluyendo sus testigos; al igual que [16] que también reportaron un promedio de 4.0% de N en el grano de pallar evaluado en su trabajo de investigación. El menor valor reportado para esta variable, fue en la investigación realizada por [17], quien obtuvo un promedio de 3.01% de N en el grano en la línea de pallar precoz evaluado; lo que evidencia que el ambiente puede influir en el porcentaje de nitrógeno en el grano de pallar, siendo el mismo cultivar evaluado.

Número de vainas por planta

En la Prueba de comparaciones de Rango Múltiple de Duncan, para el número de vainas por planta, se observa que, en el primer lugar del orden de mérito, se ubicaron todos los

tratamientos coinoculados, 1(*Bacillus* sp.+ *Bradyrhizobium* sp.), 3(*Bacillus* sp.+ *Bradyrhizobium* sp. + *B. yuanmingense*), 2(*Bacillus* sp + *B. yuanmingense*) y el 4(testigo fertilizado), con 24.34; 23.96; 23.89 y 21.73 vainas por planta, en promedio, respectivamente, superando significativamente al 5(testigo absoluto) que se ubicó en el segundo y último lugar con 20.76 vainas por planta, en promedio (Tabla 21 y Tabla 22).

En los principales componentes de rendimiento como el número de vainas por planta, se observa el efecto significativo de la coinoculación de los tratamientos evaluados que superaron a ambos testigos, con 22.91 vainas por planta en promedio; siendo valores superiores a los reportados por [15] quienes en su estudio realizado en Salas-Guadalupe, encontraron valores entre 10 y 11 vainas por planta, posiblemente las temperaturas altas coincidieron con el momento de la floración, disminuyendo drásticamente el porcentaje de cuajado; tal como les ocurrió a [16], en la investigación realizada en Salas-Guadalupe, reportando valores entre 11 y 12 vainas por planta, en promedio; del mismo modo, [17], reporta valores muy bajos entre 8 y 10 vainas por planta; mientras que [18], en su investigación realizada en Subtanjalla, reportan valores entre 15 y 19 vainas por planta; que se acercan un poco más a los valores del presente estudio que también se realizó en Subtanjalla. Esta variable cuantitativa es muy influenciada por el ambiente; por lo tanto, se explica la variabilidad encontrada en los diversos estudios realizados utilizando rizobacterias y un testigo fertilizado; superando en términos generales al testigo absoluto.

Peso de 100 granos

La Prueba de Rango Múltiple realizada para el peso de 100 granos, muestra de manera general valores numéricos diferentes; aunque sin diferencia estadística significativa entre ellos; corroborando lo encontrado en el análisis de varianza respectivo (Tabla 23). Sin embargo, es de destacar que los mayores promedios hallados fueron para 1(*Bacillus* sp.+ *Bradyrhizobium* sp.), 4(testigo fertilizado), 3(*Bacillus* sp.+ *Bradyrhizobium* sp. + *B. yuanmingense*) y 2(*Bacillus* sp + *B. yuanmingense*), con 201.2; 199.4; 198.4 y 193.4 gramos en 100 granos, superando al promedio del testigo absoluto, que obtuvo 189.4 g/100 granos, como ya se mencionó, sin diferencia significativa entre todos los tratamientos evaluados (Tabla 24).

Otro componente importante del rendimiento en el pallar es el peso de 100 granos, que tiene un fuerte componente genético, ya que esta línea de pallar presenta de manera general entre 180 y 200 g en el peso de 100 granos; presentando en el presente estudio un promedio de 196.36 g en 100 granos, sin diferencia significativa entre todos los tratamientos y el testigo fertilizado, pero, siempre superando al testigo absoluto que alcanzó el menor valor. Estos resultados son superiores a los reportados por [15], quienes alcanzaron un promedio de 173 g en 100 granos, en todos sus tratamientos evaluados, incluyendo sus dos testigos; resultados

que igualmente fueron superados por [16] quienes reportan que obtuvieron un promedio de 197.48 g en 100 granos entre todos sus tratamientos evaluados, siempre superando al testigo absoluto; mientras que [17] encontró que el promedio general reportado en su trabajo de investigación fue de 199.16 g en 100 granos, siendo un valor bastante similar al del presente estudio; dado que se trata de la misma línea de pallar precoz.

Peso de grano por planta, por parcela y por hectárea

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan realizado para el peso de grano por planta o rendimiento unitario, se encontró que todos los tratamientos coinoculados 2(*Bacillus* sp + *B. yuanmingense*), 3(*Bacillus* sp.+ *Bradyrhizobium* sp. + *B. yuanmingense*), 1(*Bacillus* sp.+ *Bradyrhizobium* sp.) y 4(testigo fertilizado con NP), se ubicaron en el primer lugar con 112.46; 112.27; 109.80 y 107.91 g/100granos, en promedio, respectivamente, superando significativamente al 5 (testigo absoluto), que se ubicó en el segundo y último lugar con 99.70 g/100 granos (Tabla 25, Tabla 26).

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan realizado para el peso de grano por parcela, se encontró que todos los tratamientos coinoculados 3(*Bacillus* sp.+ *Bradyrhizobium* sp. + *B. yuanmingense*), 1(*Bacillus* sp.+ *Bradyrhizobium* sp.), 2(*Bacillus* sp + *B. yuanmingense*) y 4(testigo fertilizado con NP), se ubicaron en el primer lugar desde 1092.2 g/parcela equivalente a 2844.27 kg/ha, para el tratamiento 3, en que se coinoculó con tres rizobacterias, hasta el testigo fertilizado 4(NP+) con 957.6 g/parcela, equivalente a 2493.75 kg/ha, superando significativamente al testigo absoluto 5(NP-), que se ubicó en el segundo y último lugar con 914.2 g/parcela equivalente a 2380.73 kg/ha (Tabla 27, Tabla 28, Figura 2).

Con respecto al rendimiento por planta, por parcela y por hectárea, en el presente estudio se ha encontrado que todos los tratamientos coinoculados incluyendo el testigo fertilizado, superaron significativamente al testigo absoluto, con un promedio general de 108.43 g/planta y un rendimiento por unidad de superficie de 2,607 kg/ha; resultados que son bastante similares a los reportados por [15], quienes obtuvieron un rendimiento promedio de 2,656 kg/ha, valores que superan ligeramente a los reportados por [16] quienes a su vez, alcanzaron 2,467 kg/ha en promedio para todos sus tratamientos evaluados; siendo superado ligeramente por [17] quien reporta un rendimiento promedio que 2,608 kg/ha para todos sus tratamientos evaluados; todos los trabajos de investigación reportados superaron en rendimiento a los resultados reportados por [18], quienes alcanzaron 2,335 kg/ha de grano, siendo el rendimiento de grano seco más bajo obtenido en las investigaciones realizadas utilizando rizobacterias como inoculantes.

En el presente estudio, se ha utilizado cepas seleccionadas de rizobacterias, las cuales son bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), que se encuentran en el suelo, colonizan

la rizosfera y pueden mejorar la disponibilidad de nutrientes a través de los mecanismos de fijación biológica de nitrógeno y solubilización de fosforo y potasio. Estos microorganismos son capaces de asimilar formas no disponibles de nutrientes para la planta y transformarlos hasta la obtención de formas asimilables; con lo cual, las plantas resultan beneficiadas al tener mayor disponibilidad de dichos nutrientes como el fósforo.

Las rizobacterias utilizadas que se aplicaron como inoculantes a la semilla, en los diversos estudios realizados en diferentes años y localidades, demostraron que pueden tener el mismo efecto que el testigo fertilizado, en los principales componentes del rendimiento y en el rendimiento mismo; por lo que, se incrementa la posibilidad de escoger la alternativa biológica de utilizar microorganismos benéficos que han sido seleccionados como cepas eficientes y efectivas en laboratorios de calidad, como biofertilizantes; con lo cual, se estaría contribuyendo con la conservación del ambiente al no incrementar su contaminación por el uso de fertilizantes sintéticos.

V. CONCLUSIONES

La presente investigación se llevó a cabo bajo las condiciones de clima y suelo de la zona media del valle de Ica, distrito de Subtanjalla, con resultados satisfactorios; por lo que en función a los resultados obtenidos se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- 5.1 La coinoculación con rizobacterias a la semilla de la línea de pallar PPD 162-1-2013, tuvo efecto positivo en el rendimiento de grano seco en el estudio llevado a cabo en siembra de setiembre.
- 5.2 La coinoculación con rizobacterias ha permitido mostrar que el contenido de Nitrógeno en el grano de la línea de pallar precoz PPD 162-1-2013, presenta los valores promedios normales para esta leguminosa de grano.
- 5.3 La coinoculación con rizobacterias ha igualado y en muchas variables ha superado los valores hallados en los principales componentes de rendimiento con respecto al testigo absoluto (no fertilizado, no inoculado).
- 5.4 La biofertilización con cepas seleccionadas de rizobacterias a través de la inoculación a la semilla, compite con ventajas con el testigo fertilizado (NP+), logrando resultados muy similares en la mayoría de variables evaluadas.

VI. RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación, en las condiciones de clima y suelo de la zona media del valle de Ica, y según las conclusiones a las que se ha llegado, se presentan las siguientes recomendaciones:

- 6.1 Realizar investigaciones similares utilizando un mayor tamaño de parcela para facilitar las evaluaciones y obtener datos mucho más consistentes, utilizando diseños experimentales pertinentes.
- 6.2 Realizar investigación participativa en campo de agricultores, coinoculando con rizobacterias la semilla de los cultivos o variedades que utilizan de manera tradicional; a fin de que experimenten la propuesta de la innovación tecnológica; que es bastante sencilla de adoptar.
- 6.3 Evaluar otras líneas de pallar tanto de crecimiento determinado como indeterminado a fin de seleccionar las que muestren una mayor habilidad simbiótica con las cepas seleccionadas de rizobacterias de los inoculantes.
- 6.4 Fomentar el incremento de áreas de cultivo con pallar por su habilidad simbiótica con los rizobios, por ser un cultivo que puede tener una producción sostenible que debería considerarse dentro de un plan de rotaciones planificadas.
- 6.5 Incentivar el consumo de esta leguminosa por sus cualidades nutricionales que sería una importante contribución a la disminución de la desnutrición; or ser fuente importante de proteínas.
- 6.6 Revalorar la importancia del cultivo de pallar; por su contribución a la disminución de la contaminación ambiental y la mejora de la salud del suelo al utilizar los biofertilizantes.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Olivares. Biofertilización: abonar sin contaminar. Estación Experimental del Zaidín. Divulgación diaria. Granada. España. 1 p. 2005.
- [2] J.H. Li, E.T. Wang, W.F. Chen, W.X. Chen. Genetic diversity and potential for promotion of plant growth detected in nodule endophytic bacteria of soybean grown in Heilongjiang province of China. *Soil Biol Biochem* 40:238-246. 2007.
- [3] R. Singh, N.K. Arora. Bacterial formulations and delivery systems against pests in sustainable agro-food production. Module in Food Science, Elsevier, 1-11. 2016. doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.03068-7.
- [4] C. Creus M., C. Inoculantes microbianos: piezas de un rompecabezas que aún requiere ser ensamblado. *Revista Argentina de Microbiología* [en línea]. 2017, 49(3), 207-209. 2017. ISSN: 0325-7541. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=213052686001>.
- [5] G. Ferraris. Evaluación de formulaciones conteniendo *Bradyrhizobium japonicum* y acompañantes como promotores de crecimiento vegetal, protectores bacterianos y fungicidas. INTA. EEA Pergamino – Argentina. 2015.
- [6] A. R. Robles C. y A. C. Castillo Y. Evaluación de rizobacterias promotoras del crecimineto vegetal en fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Mantequilla. Universidad Nacional de Loja. Consultado en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/14526>
- [7] J. Saldaña A. Aislamiento e Identificación de Cepas nativas de *Rhizobium phaseoli* de Suelo de la Presa de la Juventud de Marín, Nuevo León. México. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*. Publicación # 07 Enero – Junio. 2017.
- [8] L. G. Lara-Capistrán, L. G. Hernández-Montiel, J. J. Reyes-Pérez, P. Preciado-Rangel, R. Zukueta-Rodríguez. Respuesta agronómica de *Phaseolus vulgaris* a la biofertilización en campo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. volumen 10 número 5. 2019.
- [9] G. Matos C. D. Zúñiga D. Viabilidad de cepas de rizobios en inoculantes basados en soportes no estériles. *Ecología Aplicada*, 2(1). 2003.
- [10] E. Ramos y D. Zúñiga. Efecto de diferentes inoculantes sobre la actividad microbiana en la rizósfera del cultivo de pallar (*Phaseolus lunatus* var. sieva) en condiciones de campo. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. *Ecología Aplicada*. Vol. 7 Nos. 1 y 2. p. 131-139. 2008.
- [11] V. Chipana, C. Clavijo, P. Medina, D. Castillo. Inoculación de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes concentraciones de *Rhizobium etli* y su influencia sobre el rendimiento del cultivo. *Ecología Aplicada*, 16(2),91-98. 2017. ISSN: 1726-2216.



- [12] J. Zeña C. Efecto de la Fertilización con Fertilizantes Inorgánicos, Proteicos y Biofertilizantes, sobre los Parámetros Agronómicos del Pallar (*Phaseolus lunatus* L.) Tipo Americano en la Parte Baja del Valle Chancay Lambayeque. Perú. Tesis. Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque – Perú. 97 pág. 2018.
- [13] J. Hidalgo, C. Ramos; P. Lezama; P. Chuna & M. Chaman. Coinoculación de *Rhizophagus irregularis* y *Rhizobium* sp. en *Phaseolus vulgaris* L. var. canario (Fabaceae) “frijol canario”. *Arnaldoa* 26 (3): 991-1006. 2019.
- [14] M. Sullca Q. y M. Velásquez G. Efecto de la inoculación con cepas seleccionadas de *Bradyrhizobium* sp. en el rendimiento de pallar (*Phaseolus lunatus* L.), en el valle de Palpa. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica – Perú. 73 pág. 2011.
- [15] M. Barrientos G. y C. Guillén R. Efecto de la aplicación de productos biotecnológicos con cepas seleccionadas de rizobacterias en el rendimiento del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) variedad Precoz de Ocucaje, en el sector Guadalupe-Ica. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” de Ica. 85 p. 2016.
- [16] J. Centeno O. y Y. Garayar G. Respuesta del rendimiento del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) variedad Precoz de Ocucaje, a la aplicación de cepas seleccionadas de Rizobacterias en el sector Guadalupe, Zona Media del Valle de Ica”. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” de Ica. 77 p. 2018.
- [17] C. Cullanco H. Efecto de la coinoculación y reinoculación con cepas seleccionadas de rizobacterias en el rendimiento de (*Phaseolus lunatus* L.) en Subtanjalla – Ica. Tesis por sustentar. Ing. Agrónomo. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. 87 pág. 2020.
- [18] Marquina E., H. y Martínez Q. J. (2021). Efecto de la inoculación con Rizobacterias en el rendimiento y características del grano de dos líneas de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) Precoz en primavera en Subtanjalla – Ica. Tesis. Ing. Agrónomo. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. 66 p.
- [19] FAO. Legumbres: pequeñas semillas, grandes soluciones. Ciudad de Panamá. 292 p. 2018.
- [20] Ministerio de Agricultura (MINAG). El Pallar de Ica. Denominación de origen. Dirección General de Promoción Agraria. 96 p. 2008.
- [21] L. Espinoza. Asistencia Técnica Dirigida en Manejo y Sanidad en el Cultivo de Pallar. Guía Técnica. Changuillo, Nasca-Ica. Agro Banco – UNA LM. Perú. 29 pág. 2012.
- [22] H. Velásquez. Interacción entre *Bradyrhizobium* sp. y micorrizas vesicales o arbusculares en el rendimiento de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) cultigrupo Sieva cv. UNALM 2. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 2007.

- [23] P. Palomino. Fenología e influencia térmica en pallar bebe (*Phaseolus lunatus* L.) y frijol castilla (*Vigna unguiculata* L.) en diferentes épocas de siembra en La Molina. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2015.
- [24] J.W. Kloepper, M.N. Schroth. Plant growth-promoting rhizobacteria on radishes. In Angers (ed), *Proc. 4th Int. Conf. Plant Path. Bact. vol. 2*. INRA, Gibert-Clarey, Tours, France. pp. 879-82. 1978.
- [25] V. Marín-Cevada, J. Muñoz-Rojas, J. Caballero-Mellado, M.A. Mascarúa-Esparza, M. Castañeda-Lucio, R. Carreño-López R, P. Estrada-de los Santos, L.E. Fuentes-Ramírez. Antagonistic interactions among bacteria inhabiting pineapple. *Applied Soil Ecology* 61: 230-235. 2012.
- [26] D. Molina-Romero, M.R. Bustillos-Cristales, O. Rodríguez-Andrade y E.Y. Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en América y potencial biotecnológico. *Revista de La DES Ciencias Biológico Agropecuarias*, 17(2), 24-34. 2015.
- [27] L. Fernández. La fijación simbiótica de nitrógeno en soja. Nodulación, inoculantes y métodos de inoculación. Volumen 14. N° 84. Diciembre. 2005.
- [28] O. Pedraza R. Recent advances in nitrogen-fixing acetic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 125, 25-35. 2008.
- [29] C. Paredes M. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. 2013.
- [30] A. Hernández-Rodríguez, N. Rives-Rodríguez, Y. Acebo-Guerrero, A. Díaz-De la Osa, M. Heydrich-Pérez y V. Divan Baldani. Potencialidades de las bacterias diazotróficas asociativas en la promoción del crecimiento vegetal y el control de *Pyricularia oryzae* (Sacc.) en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.), *Rev. Protección Veg.* vol.29 no.1 La Habana ene.-abr. 2014.
- [31] L. Corrales R., L. Caycedo L., M. Gómez M. y S. Ramos R. *Bacillus* spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *NOVA*. 2017; 15 (27): 45-65. 2017.
- [32] 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 Ing. Agrónomo. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica – Perú. 2021.
- [33] A. Velasco-Jiménez, O. Castellanos-Hernández, G. Acevedo-Hernández, R. Clarenc A. y A. Rodríguez-Sahagún. Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. *Terra Latinoamericana* 38: 333-345. 2020. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.470>.


- [34] A.M. Campaña V. Identificación microbiológica y molecular mediante PCR en tiempo real de dos bacterias del género *Bacillus*, de interés agrobiotecnológico. Tesis para optar título de Ingeniero en Biotecnología de los Recursos Naturales. Universidad Politécnica Salesiana. Quito-Ecuador. 2018.
- [35] P. Calvo & D. Zúñiga. Caracterización fisiológica de cepas de *Bacillus* spp. aisladas de la rizosfera de papa (*Solanum tuberosum*). Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. 2010.
- [36] P.C. Caballero R., R.A. Ferreira A., H.D. Nakayama N. Caracterización morfológica de aislados nativos de *Bradyrhizobium* sp. y tolerancia a condiciones de estrés. XXVI JJI. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza-Argentina. 2018.
- [37] L. Hernández F., J.A. Munive H., E. Sandoval C., E., D. Martínez C., M.C. Villegas H. Poblaciones bacterianas nativas: alternativa sustentable para la agricultura. Terra Latinoamericana. 30 (2), 129-138. 2012.
- [38] T. Cerca-Yamali, E. Salinas-Aranda, B. Soriano-Bernilla. Sinergismo entre *Azotobacter chroococcum* y *Bradyrhizobium yuanmingense* en el crecimiento de *Lactuca sativa* “lechuga”. Scientia Agropecuaria 9(4): 519 – 526. 2018.

VIII. ANEXOS

8.1 Análisis de suelo

	<p align="center">LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 114</p>	 <p align="center">Registro N° LE - 114</p>																																	
LABORATORIO AGROINDUSTRIAL																																			
INFORME DEL ENSAYO N° 448 LAI/2020																																			
DATOS GENERALES																																			
<p>Nombre del Solicitante: CCAICO PARCO SHEYLA JENIFFER Dirección: Pueblo Joven Señor de Luren San Francisco de Asis A.3, Ica</p>																																			
DATOS DE LA MUESTRA																																			
<p>Nombre de la Muestra: Suelo <small>(Descripción por el Solicitante)</small></p>	<p>Código de la Muestra: 2786</p>																																		
<p>Identificación y Estado: 01 muestra de suelo con peso de 2.0 Kg aproximadamente. Identificada como "SUELO 01 PALLAR" / Suelo agrícola de cultivo de pallar. <small>(Descripción por el Solicitante)</small></p>																																			
<p>Lugar del Muestreo: FUNDO AGROORGANICA, CASERIO YANQUIZA-SUBTANJALLA <small>(Descripción por el Solicitante)</small></p>	<p>Muestreado por: Srta. Sheyla Jeniffer Ccaico Parco <small>(Descripción por el Solicitante)</small></p>																																		
<p>Fecha de Recepción de la Muestra: 15/10/2020</p>	<p>Fecha de Ejecución del Ensayo: 15/10/2020 al 22/10/2020</p>																																		
RESULTADOS																																			
ANÁLISIS FÍSICO																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Determinación</th> <th>Unidad de medida</th> <th>Valor</th> <th>Método</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Arena</td> <td>%</td> <td>78.56</td> <td>Densímetro *</td> </tr> <tr> <td>Arcilla</td> <td>%</td> <td>9.02</td> <td>Densímetro *</td> </tr> <tr> <td>Limo</td> <td>%</td> <td>12.42</td> <td>Densímetro *</td> </tr> <tr> <td>Clase textural</td> <td>-</td> <td>ARENO FRANCO</td> <td>Triángulo textural *</td> </tr> </tbody> </table>	Determinación	Unidad de medida	Valor	Método	Arena	%	78.56	Densímetro *	Arcilla	%	9.02	Densímetro *	Limo	%	12.42	Densímetro *	Clase textural	-	ARENO FRANCO	Triángulo textural *															
Determinación	Unidad de medida	Valor	Método																																
Arena	%	78.56	Densímetro *																																
Arcilla	%	9.02	Densímetro *																																
Limo	%	12.42	Densímetro *																																
Clase textural	-	ARENO FRANCO	Triángulo textural *																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANÁLISIS QUÍMICO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>pH</td> <td>Unidades de pH</td> <td>8.28</td> <td>NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-02</td> </tr> <tr> <td>C.E.</td> <td>mS/cm</td> <td>2.41</td> <td>NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-16 al 18</td> </tr> <tr> <td>Carbonato de Calcio (CaCO₃)</td> <td>%</td> <td>3.00</td> <td>Neutralización Ácida *</td> </tr> <tr> <td>Materia Orgánica (M.O)</td> <td>%</td> <td>0.99</td> <td>Ignición *</td> </tr> <tr> <td>Nitrógeno Total (NT)</td> <td>%</td> <td>0.05</td> <td>Cálculo - Ignición *</td> </tr> <tr> <td>Fosforo (P)</td> <td>ppm</td> <td>17.91</td> <td>Olsen- Espectrofotometría uv-vis *</td> </tr> <tr> <td>PSA</td> <td>%</td> <td>25.41</td> <td>Termo gravimetría *</td> </tr> </tbody> </table>	ANÁLISIS QUÍMICO				pH	Unidades de pH	8.28	NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-02	C.E.	mS/cm	2.41	NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-16 al 18	Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	%	3.00	Neutralización Ácida *	Materia Orgánica (M.O)	%	0.99	Ignición *	Nitrógeno Total (NT)	%	0.05	Cálculo - Ignición *	Fosforo (P)	ppm	17.91	Olsen- Espectrofotometría uv-vis *	PSA	%	25.41	Termo gravimetría *			
ANÁLISIS QUÍMICO																																			
pH	Unidades de pH	8.28	NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-02																																
C.E.	mS/cm	2.41	NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-16 al 18																																
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	%	3.00	Neutralización Ácida *																																
Materia Orgánica (M.O)	%	0.99	Ignición *																																
Nitrógeno Total (NT)	%	0.05	Cálculo - Ignición *																																
Fosforo (P)	ppm	17.91	Olsen- Espectrofotometría uv-vis *																																
PSA	%	25.41	Termo gravimetría *																																
CATIONES CAMBIABLES																																			
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>CiC</td> <td>meq/100g</td> <td>9.42</td> <td>Titración con EDTA *</td> </tr> <tr> <td>Calcio (Ca²⁺)</td> <td>meq/100g</td> <td>7.31</td> <td>Titración con EDTA *</td> </tr> <tr> <td>Magnesio (Mg²⁺)</td> <td>meq/100g</td> <td>1.32</td> <td>Titración con EDTA *</td> </tr> <tr> <td>Sodio (Na⁺)</td> <td>meq/100g</td> <td>0.14</td> <td>Espectrofotómetro de absorción atómica-Emisión *</td> </tr> <tr> <td>Potasio (K⁺)</td> <td>meq/100g</td> <td>0.65</td> <td>Espectrofotómetro de absorción atómica-Emisión *</td> </tr> <tr> <td>P.S.I.</td> <td>%</td> <td>1.49</td> <td>Cálculo *</td> </tr> </tbody> </table>	CiC	meq/100g	9.42	Titración con EDTA *	Calcio (Ca ²⁺)	meq/100g	7.31	Titración con EDTA *	Magnesio (Mg ²⁺)	meq/100g	1.32	Titración con EDTA *	Sodio (Na ⁺)	meq/100g	0.14	Espectrofotómetro de absorción atómica-Emisión *	Potasio (K ⁺)	meq/100g	0.65	Espectrofotómetro de absorción atómica-Emisión *	P.S.I.	%	1.49	Cálculo *											
CiC	meq/100g	9.42	Titración con EDTA *																																
Calcio (Ca ²⁺)	meq/100g	7.31	Titración con EDTA *																																
Magnesio (Mg ²⁺)	meq/100g	1.32	Titración con EDTA *																																
Sodio (Na ⁺)	meq/100g	0.14	Espectrofotómetro de absorción atómica-Emisión *																																
Potasio (K ⁺)	meq/100g	0.65	Espectrofotómetro de absorción atómica-Emisión *																																
P.S.I.	%	1.49	Cálculo *																																

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Control Analítico de CITEagroindustrial Ica. Condiciones ambientales del ensayo Temperatura máxima ambiental 25°C. Preparación de la muestra de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-01. *Los métodos indicados no han sido acreditados ante el INACAL-DA.

CONDICIONES DEL INFORME	FIRMA
<ul style="list-style-type: none"> Los resultados obtenidos se refieren únicamente a la muestra analizada. Este informe no puede reproducirse, más que en su totalidad, sin la autorización por escrito del laboratorio. Los resultados del ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Laboratorio queda liberada de responsabilidad cuando el Solicitante (cliente) proporciona información acerca de la muestra y pueda afectar la validez de resultados. 	<div style="text-align: center;">  <p>Guisela Feijer Sánchez Fuentes Responsable de Laboratorio Agroindustrial</p> <p>Fecha de Emisión del Informe: 23/10/2020</p> </div>

CENTRO DE INNOVACION PRODUCTIVA Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AGROINDUSTRIAL ICA
 Panamericana Sur Km. 293.2 Distrito Salas - Guadalupe Ica - Perú. TELÉFONO (056)406058 TELÉFAX (056)406224 E-MAIL: cibaagroindustrial@cibaagroindustrial.com.pe
 Código: SIG-PG-Q2-R02 Versión: 07 Fecha: 10-09-2019

8.2 Datos meteorológicos

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Estación CO - TACAMA

Latitud : 13°59'59.1" S

Longitud : 75°43'14" W

Altitud : 440 msnm

Dpto. : Ica

Provincia : Ica

Distrito : Tinguiña

Parámetros :

Temperatura Máxima mensual						
Item	Año	2020				2021
	mes	SET	OCT	NOV	DIC	ENE
	1	28.53	29.04	29.54	30.18	30.82

Temperatura Media Mensual						
Item	Año	2020				2021
	mes	SET	OCT	NOV	DIC	ENE
	1	19.52	20.91	21.19	23.34	24.44

Temperatura Mínima mensual						
Item	Año	2020				2021
	mes	SET	OCT	NOV	DIC	ENE
	1	10.51	12.85	12.84	16.54	18.09

Horas de Sol mensual						
Item	Año	2020				2021
	mes	SET	OCT	NOV	DIC	ENE
	1	229.80	281.90	272.70	230.10	223.90

Humedad Relativa mensual						
Item	Año	2020				2021
	mes	SET	OCT	NOV	DIC	ENE
	1	75.92	73.17	75.11	73.98	75.16

mm=l/m² S/D= sin datos

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: "SHEILA JENNIFER CCAICO PARCO"

PARA TESIS: "Evaluación Fenológica y Adaptabilidad del Pallar -UNICA"



Firmado digitalmente por ROSAS LUJAN Ricardo Antonio FAU
20131386028 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 21.12.2021 22:56:57 -05:00

Ica, 22 de Diciembre del 2021
Parque Industrial M2 A lote 5-Ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

8.3 Características de la línea de pallar precoz PPD 162-1-2013

Son plantas de patrón de crecimiento determinado, que alcanzan 65.50 cm de altura en promedio, al finalizar la floración; con una cobertura de planta de 2 130 cm²; presenta color blanco de la flor tanto de las alas como del estandarte; su floración se inicia a los 51 días después de la siembra; en promedio presenta 23.5 vainas por planta; las dimensiones de la vaina son 13.22 x 2.29 cm de largo por ancho de vaina, respectivamente; con 3.25 granos por vaina en promedio; las dimensiones del grano son de 2.34 x 1.61 x 0.65 cm de largo x ancho x grosor o espesor, respectivamente; con forma de grano arriñonado; un peso de 100 granos de 177.47 g; con 82.74% de grano sano; peso de grano por planta de 56.78 g; con 106 días a la maduración y 118 días de ciclo total en que acumula 2 669.4°C y 1 349 unidades calóricas; con 181.72 g de peso seco por planta a la cosecha; con un índice de cosecha de 42% y un rendimiento total de grano seco estimado de 2 365.83 kg ha⁻¹ con plantas únicas y de 4 731.67 kg ha⁻¹ con dos plantas por golpe y al considerar un 25% de pérdida, se tiene un estimado de 3 548.75 kg ha⁻¹ de rendimiento de grano seco, como reportan Noa y Quispe [32] en su trabajo de investigación.

8.4 Características de las Rizobacterias

Rizobacterias

Las rizobacterias son un grupo grande y muy diverso de bacterias que habitan en las inmediaciones de las raíces, que desarrollan relaciones benéficas, neutrales o incluso perjudiciales, aunque en menor medida. Diversos estudios ponen en evidencia que las rizobacterias han mejorado el crecimiento, la producción y la salud de las plantas, directamente: mediante mecanismos que incluyen la asimilación de nutrientes vitales como la fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo y potasio, y la fitoestimulación mediante la producción de diversas fitohormonas; e indirectamente: afectando el crecimiento de importantes fitopatógenos, activando la inmunidad en las plantas y mejorando los problemas ocasionados por estrés abiótico. Por su diversidad metabólica las rizobacterias podrían contribuir positivamente en la mejora de la productividad agrícola y la solución de problemas ambientales ocasionados por los métodos utilizados en la agricultura actual. Diversos géneros como: *Acidithiobacillus*, *Aminobacter*, *Arthrobacter*, *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Gluconoacetobacter*, *Pseudomonas*, *Serratia* y *Sphingomonas* han demostrado su enorme capacidad promotora de crecimiento [33].

Las rizobacterias son bacterias que habitan en el área del suelo donde se encuentra la raíz de las plantas, que recibe el nombre de rizosfera, zona que se caracteriza por la interacción única y dinámica de los procesos biogeoquímicos que ocurren entre las raíces de las plantas y microorganismos del suelo, los cuales se ven altamente influenciados por los exudados radiculares, además, en esta zona radicular, se encuentran una gran cantidad de microorganismos que en general estimulan el crecimiento vegetal y reducen la incidencia de enfermedades [26]. A este grupo bacteriano también se le ha asignado el nombre de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR por sus siglas en inglés: *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) [24].

Los mecanismos de atracción de la bacteria hacia la rizosfera de su hospedero están mediados por una quimiotaxis específica bacteriana hacia exudados vegetales particulares, así mismo una buena adhesión y colonización en la superficie de la raíz son factores que pueden influir en la funcionalidad de la simbiosis asociativa.

Las rizobacterias representan una alternativa biotecnológica en la agricultura. Los inoculantes a base de rizobacterias son una alternativa biotecnológica en la agricultura sustentable, que permite incrementar el rendimiento, disminuyendo los costos de producción en la práctica agrícola. Igualmente, las rizobacterias pueden ayudar a disminuir el uso de fertilizantes químicos, plaguicidas y reguladores artificiales que tienen efectos negativos en los ecosistemas naturales, y contribuir a una agricultura más amigable con el medio ambiente [33].

***Bacillus* sp.**

El género *Bacillus* forma parte de la familia *Bacillaceae*, compuesto por bacilos grampositivos grandes, caracterizados por su capacidad de producir endosporas. Este género es de gran importancia a nivel mundial, no solo por los beneficios que genera al ser humano sino también por ser considerados de fácil manejo ya que pueden aislarse tanto de agua como del suelo. El aislamiento, la identificación de cepas y la selección por su capacidad de producir endosporas se practica en diversos laboratorios del mundo ya que son muy resistentes y pueden sobrevivir en condiciones extremadamente hostiles [34]

Los microorganismos del género *Bacillus* tienen la capacidad de ser metabólicamente muy diversos lo que les permite tener una colonización exitosa en el ambiente rizosférico. Entre algunos mecanismos se encuentran la solubilización de fosfato, la síntesis de fitohormonas como el ácido indol acético y la capacidad de controlar algunos hongos patógenos en la rizósfera [35].

***Bradyrhizobium* sp.**

Bradyrhizobium sp. son bacterias presentes en leguminosas, que se encargan de fijar el Nitrógeno atmosférico, con el objetivo principal 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 [36].

Ciertas cepas de *Bradyrhizobium* sp. y *Rhizobium* sp., pueden llegar a desarrollarse en ciertos suelos con problemas de fertilidad, tal es así que Hernández et al [37] mencionan que la identificación de cepas de bacterias resistentes a diferentes concentraciones de NaCl y a diferentes temperaturas, obteniendo así microorganismos con óptimas características para ser utilizados como biofertilizantes, con el fin de un desarrollo sostenible para el cultivo, cubrir la deficiencia nutricional del suelo y la adaptación de los mismos a diferentes condiciones ambientales.

Bradyrhizobium, es una bacteria Gram negativa, con un flagelo subpolar o polar, vive en el suelo y forma relaciones simbióticas con especies de plantas leguminosas donde fijan nitrógeno a cambio de carbohidratos de la planta, forma nódulos en las raíces de las plantas de diversos géneros, entre ellos, *Lupinus*. *Bradyrhizobium* tiene un gran potencial como inoculante.

B. yuanmingense demuestra capacidad de producir actividad de 1aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) desaminasa, compuesto que reduce el nivel de etileno en las raíces de las plantas, incrementando de esta manera la longitud y el crecimiento de raíces [38].

8.5 Variables evaluadas

Porcentaje de emergencia					
Trat	I	II	III	IV	V
1	90.48	85.71	92.86	90.48	88.10
2	83.33	90.48	90.48	95.24	85.71
3	95.24	90.48	95.24	83.33	88.10
4	88.10	88.10	83.33	92.86	88.10
5	80.95	90.48	90.48	88.10	92.86

Longitud parte aérea					
Trat	I	II	III	IV	V
1	60.33	55.25	59.00	60.33	64.67
2	60.33	58.67	58.67	63.33	60.00
3	57.50	55.00	61.00	60.67	61.67
4	60.00	59.00	62.67	61.67	60.00
5	67.00	61.67	60.00	58.25	59.25

Longitud parte radicular					
Trat	I	II	III	IV	V
1	35.67	30.50	34.33	29.33	34.67
2	27.33	35.33	31.67	32.00	32.25
3	31.25	33.67	30.67	28.33	35.67
4	31.00	28.00	33.67	29.33	34.50
5	31.67	33.33	34.33	29.50	32.00

Peso seco de la parte aérea					
Trat	I	II	III	IV	V
1	42	33.75	52	34.33	35
2	24.25	46.67	43.67	33.32	29
3	45.33	38	46.67	49	53.3
4	38	36.5	48	50	50
5	26.33	37	41	33.25	36.5

8.5 Variables evaluadas..... Continuación

Peso seco de la biomasa radicular					
Trat	I	II	III	IV	V
1	4.67	3.50	5.00	4.00	4.67
2	3.25	4.33	4.33	3.67	3.00
3	4.67	4.33	5.33	4.00	4.33
4	5.00	3.00	3.67	4.00	3.25
5	3.67	3.33	3.33	3.00	3.67

Número de nódulos por planta					
Trat	I	II	III	IV	V
1	24.67	36.75	51.67	30.00	20.67
2	48.67	26.00	29.67	17.33	30.00
3	45.75	43.67	50.00	35.00	32.00
4	10.33	13.50	31.67	28.67	19.25
5	14.00	37.67	24.00	42.00	51.25

Número de vainas por planta					
Trat	I	II	III	IV	V
1	25.33	24.00	24.50	24.60	22.70
2	23.63	26.22	23.63	22.90	23.10
3	25.10	21.50	23.60	26.22	23.40
4	21.89	17.50	22.50	23.67	23.10
5	21.89	20.00	19.00	22.40	20.50

Peso de 100 semillas					
Trat	I	II	III	IV	V
1	198.00	202.00	203.00	209.00	194.00
2	191.00	186.00	189.00	195.00	206.00
3	198.00	191.00	208.00	202.00	193.00
4	184.00	196.00	215.00	202.00	200.00
5	192.00	190.00	185.50	189.00	190.50

8.5 Variables evaluadas..... Continuación

Peso de grano por planta					
Trat	I	II	III	IV	V
1	113.00	108.00	105.70	119.40	102.90
2	116.50	114.22	109.00	114.10	108.50
3	101.90	108.60	119.80	125.56	105.50
4	105.65	106.35	106.80	119.33	101.40
5	101.00	98.00	99.40	98.30	101.80

Peso de grano por parcela					
Trat	I	II	III	IV	V
1	803	972	1141	1194	1029
2	960.5	1028	957	1141	982
3	1019	964	1198	1130	1150
4	861	771	1068	1074	1014
5	909	796	894	983	989

Contenido de Nitrógeno en el grano			
Trat	I	II	III
1	3.78	3.65	3.6
2	3.65	3.62	3.66
3	3.62	3.65	3.7
4	3.65	3.6	3.75
5	3.62	3.55	3.65

8.6 Panel Fotográfico



Figura 3. Preparación del terreno



Figura 4. Inoculación de la semilla



Figura 5. Colocación de cintas de riego



Figura 6. Riego



Figura 7. Emergencia de plantas



Figura 8. Manejo fitosanitario

8.6 Panel Fotográfico (continuación)



Figura 9. Identificación del campo experimental



Figura 10. Inicio de floración



Figura 11. Formación de vainas

8.6 Panel Fotográfico (continuación)



Figura 12. Evaluación de nódulos



Figura 13. Evaluación de madurez



Figura 14. Evaluaciones



Figura 15. Madurez de la vaina



Figura 16. Evaluación de granos

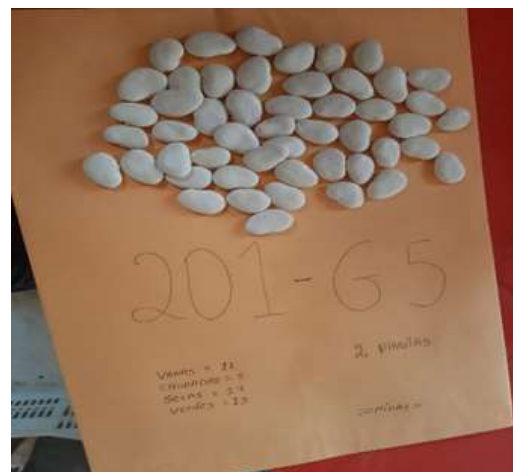


Figura 17. Peso de 100 semillas