## Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

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

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

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"
Facultad de Agronomía
Dirección Unidad de Investigación
"Fundo Arrabales" Altura Km 299 Panam. Sur
Teléf.:056-257444 Anexo 25
Ica – Perú

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

# CONSTANCIA DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD 2023

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

Efecto de la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar (*Phaseolus lunatus L.*) cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica.

Presentado por:

FORONDA GAMARRA LUIS JESÚS

**Graduado** del nivel **Pregrado** de la **Facultad de Agronomía.** El resultado obtenido es **07% de similitud (Siete por ciento de similitud)** por el cual se otorga el calificativo de:

**APROBADO**

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

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

**Observaciones:**

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

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

Ica, 12 de junio de 2023

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

.....
**LISSETT AUGUSTA PECHE VALENZUELA**
Operador del Programa Informático **iThenticate**
Evaluador de Originalidad
Facultad de Agronomía

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA

# Efecto de la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar *(Phaseolus lunatus L.)* cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica.

Línea de Investigación: Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles

INFORME FINAL DE TESIS

LUIS JESÚS FORONDA GAMARRA

**Ica - Perú**

**2022**

**A MI MADRE:**

**MARLENI GAMARRA SALCEDO**

Quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme, por su apoyo incondicional, paciencia y porque ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a enfrentar los momentos complicados de la vida y seguir adelante con mis proyectos.
Gracias por confiar, creer en mis expectativas y por cada uno de sus consejos que me han fortalecido como persona.

**A ELLA, MI ETERNO AGRADECIMIENTO.**

## MI ESPECIAL AGRADECIMIENTO:

**En primer lugar, a Dios** quien me ha guiado y me ha dado fortaleza para seguir adelante.

**A la Universidad NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA",** alma mater de mi formación profesional.

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

**A la Ing. M. Sc. Luz Espinoza de Arenas,** Asesora del trabajo de investigación, quien compartió de forma desinteresada sus conocimientos sobre el cultivo de pallar. Mi reconocimiento por conducirme con rectitud y paciencia para culminar esta etapa del trabajo de investigación.

**Al Mag. Guillermo Espino Tipismana,** Co. Asesor del presente trabajo de investigación, por su apoyo durante la conducción del cultivo.

**Al Ing. Fredy Yupanqui**, por las facilidades brindadas para realizar la fase de campo de la presente investigación en terreno de su propiedad.

A todas y cada una de las personas que de una u otra manera contribuyeron con la realización del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

**Pág.**


Caratula i
Dedicatoria ii
Agradecimiento iii
Índice general iv
Índice de tablas v
Índice de figuras vii
Resumen ix
Abstract x
I. Introducción 1
1.1 Antecedentes de investigación 2
1.2 Bases teórica de la investigación 6
1.3 Planteamiento del problema 12
1.4 Justificación e importancia de la investigación 13
1.5 Hipótesis y variables 14
1.6 Objetivo de la investigación 15
II. Estrategia metodológica 16
III. Resultados 31
IV. Discusión 46
V. Conclusiones 52
VI. Recomendaciones 53
VII. Referencias bibliográficas 54
VIII. Anexos 58
8.1 Descripción del cultivo de pallar PPD 118-2013 58
8.2 Análisis Nematológico 59
8.3 Análisis de suelo 61
8.4 Datos meteorológicos 62
8.5 Datos para análisis estadísticos 66
8.6 Panel fotográfico 68

## ÍNDICE DE TABLAS


| | | Pág. |
|---|---|---|
| Tabla 1. | Análisis Físico-Mecánico del suelo | 17 |
| Tabla 2. | Análisis químico | 17 |
| Tabla 3. | Análisis nematológico del suelo | 18 |
| Tabla 4. | Observaciones meteorológicas de mayo a setiembre de 2022 | 18 |
| Tabla 5. | Tratamiento en estudio | 19 |
| Tabla 6. | Cronograma de aporque | 26 |
| Tabla 7. | Cronograma del sistema de riego por goteo en forma mensual | 27 |
| Tabla 8. | Cronograma de deshierbos | 28 |
| Tabla 9. | Cronograma de aplicaciones foliares | 28 |
| Tabla 10. | Cronograma del manejo fitosanitario | 29 |
| Tabla 11. | Cuadrados medios de los análisis de varianza de las variables evaluadas en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 31 |
| Tabla 12. | Prueba de Rango Múltiple de Duncan de las variables evaluadas en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica. | 32 |
| Tabla 13. | Cuadrados medios de los análisis de varianza del peso seco de follaje y peso seco de raíz en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica. | 33 |
| Tabla 14. | Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco del follaje y peso seco de raíz en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica. | 34 |
| Tabla 15. | Cuadrados medios de los análisis de varianza de la transformación del número de nódulos por planta y el peso seco de nódulos por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica. | 36 |
| Tabla 16. | Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de nódulos por planta y el peso seco de nódulos en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 36 |

| | | |
|---|---|---|
| Tabla 17. | Análisis de varianza del contenido de Nitrógeno en el grano en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del Valle de Ica | 38 |
| Tabla 18. | Prueba de Rango Múltiple de Duncan del contenido de Nitrógeno en el grano, en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica. | 38 |
| Tabla 19. | Análisis de varianza del número de vainas por planta en la aplicación de productos biotecnológico en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 39 |
| Tabla 20. | Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de vainas por planta, en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 40 |
| Tabla 21. | Análisis de varianza del peso de 100 granos en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 41 |
| Tabla 22. | Prueba de rango Múltiple de Duncan del peso de 100 gramos, en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 41 |
| Tabla 23. | Análisis de varianza del peso de grano por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 42 |
| Tabla 24. | Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de grano de por planta, en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 43 |
| Tabla 25. | Análisis de varianza del peso de grano por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 44 |
| Tabla 26. | Prueba de Rango Múltiple de Duncan del rendimiento de grano por parcela y por hectárea en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 44 |

## ÍNDICE DE FIGURAS


| | | |
|---|---|---|
| Figura 1. | Distribución de los tratamientos en el croquis experimental | 21 |
| Figura 2. | Longitud de follaje en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano de pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 32 |
| Figura 3. | Peso seco de follaje en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 34 |
| Figura 4. | Peso seco de raíz en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 35 |
| Figura 5. | Número de nódulos por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 37 |
| Figura 6. | Contenido de Nitrógeno en el grano en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica. | 39 |
| Figura 7. | Número de vainas por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 40 |
| Figura 8. | Peso de 100 granos en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica. | 42 |
| Figura 9. | Peso de granos por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 43 |
| Figura 10. | Rendimiento de grano por hectárea en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica | 45 |
| Figura 11. | Instalación de cintas de riego en campo experimental | 69 |
| Figura 12. | Siembra | 69 |

Figura 13. Emergencia de plantas 69
Figura 14. Extracto de algas 69
Figura 15. Aplicación foliar de extracto de algas 69
Figura 16. Cebo tóxico y trampa cromática 69
Figura 17. Floración y cuajado de vainas 70
Figura 18. Llenado de grano 70
Figura 19. Maduración de vainas 70
Figura 20. Maduración de cosecha 70
Figura 21. Cosecha y secado de pallar PPD 118-2013 70
Figura 22. Trilla de pallar PPD 118-2013 70
Figura 23. Grano de pallar PPD 118-2013 70

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de productos biotecnológicos con cepas seleccionadas de rizobacterias y un bioestimulante en el rendimiento y calidad de grano del pallar precoz, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica - Subtanjalla, se planificó el presente estudio en un suelo de textura franco arenoso, con bajo contenido de materia orgánica, medio en fósforo, de reacción ligeramente alcalina, muy ligeramente salino, con capacidad baja de intercambio catiónico. Se evaluaron siete tratamientos con el Diseño en Bloques Completamente al Azar con cuatro repeticiones: 1(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.), 2(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp + Alga Max Super), 4(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Alga Max Super), 5(Alga max Super), 6(Testigo NP), 7(Testigo absoluto). La siembra se realizó el 9 de mayo, con riego tecnificado por goteo. La cosecha se realizó a los 145 días después de la siembra. Los resultados obtenidos indican que los tratamientos con los productos biotecnológicos, obtuvieron similar rendimiento de grano que el testigo fertilizado (NP), superando al testigo absoluto, en la mayoría de variables evaluadas, destacando el peso seco de follaje y de la raíz, el número de nódulos por planta, número de vainas por planta y peso de 100 granos. No hubo diferencia significativa en el contenido de Nitrógeno en el grano. Se concluye que fue positivo el efecto de los productos biotecnológico en el cultivo de pallar y se debe fomentar la biofertilización por ser ambientalmente amigable.



**Palabras clave:** *Phaseolus lunatus* – rizobacterias – inoculación – bioestimulantes

**ABSTRACT**

With the objective of evaluating the effect of the application of biotechnological products with selected strains of rhizobacteria and a biostimulant on the yield and grain quality of the early lima bean, cultivar PPD 118-2013, in the middle zone of the Ica Valley - Subtanjalla, was planned the present study in a soil with a sandy loam texture, with low organic matter content, medium in phosphorus, with a slightly alkaline reaction, very slightly saline, with low cation exchange capacity. Seven treatments were evaluated with the Completely Random Block Design with four repetitions: 1(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.), 2(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. + Alga Max Super), 4(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Alga Max Super), 5(Alga max Super), 6(Control NP), 7(Absolute control). Sowing was carried out on May 9, with drip irrigation. The harvest was carried out 145 days after sowing. The results obtained indicate that the treatments with the biotechnological products obtained a similar grain yield than the fertilized control (NP), surpassing the absolute control, in most of the variables evaluated, highlighting the dry weight of foliage and roots, the number of nodules per plant, number of pods per plant and weight of 100 grains. There was no significant difference in the Nitrogen content in the grain. It is concluded that the effect of biotechnological products on the bean crop was positive and biofertilization should be encouraged because it is environmentally friendly.

Keywords: *Phaseolus lunatus* – rhizobacteria – inoculation – biostimulants

# I. INTRODUCCIÓN

El pallar (*Phaseolus lunatus* L.), es la leguminosa más importante de la región Ica, menestra bandera del país, por el área que se dedica a este cultivo desde tiempos ancestrales; por su gran adaptación a las condiciones particulares de suelo y clima, propias de esta parte de la costa peruana; por ser una especie nativa, del cultigrupo Big lima, por su tamaño de grano y procedencia andina, que la diferencia claramente de los cultigrupos Sieva y Potato, cuya procedencia es de Mesoamérica [1].

Este cultivo, se mantiene a través del tiempo, transmitiéndose de generación en generación, en manos de pequeños agricultores, que son los guardianes o vigilantes de su diversidad; por lo que es importante el rol de las instituciones estatales en la conservación y preservación de este valioso recurso genético; a fin de garantizar su uso sustentable.

El pallar, es muy importante en la dieta no solo del poblador rural, ya que cada vez se conoce más sobre la necesidad de incrementar el consumo de legumbres, como lo fomenta la FAO [2], y la región Ica y el Perú cuentan con la menestra bandera que contribuye a la seguridad alimentaria; por su aporte nutricional en proteína y otros nutrientes que contribuyen con la salud humana; por otro lado, las variedades tradicionales de pallar son de crecimiento indeterminado; es decir, tienen tendencia a emitir guías, tienen hábito trepador o postrado; lo que unido a su largo ciclo que va entre los 6 y 9 meses; con tendencia a ser perennes en algunos casos, sobre todo en las variedades nativas; sin embargo, los agricultores, el mercado y los consumidores, incrementan su nivel de exigencia por pallares más precoces, que se puedan obtener cosechas en menor tiempo; aunque con ello, se incremente el requerimiento hídrico y nutricional.

Los cultivares de pallar precoz, de hábito de crecimiento determinado, de porte erecto, tienen un ciclo de cuatro a cuatro meses y medio; pudiendo sembrarse en dos momentos del año: otoño y primavera, con lo cual sus requerimientos nutricionales son mayores; puesto que se debe formar la cosecha en menor tiempo, por unidad de superficie; por lo que los agricultores utilizan fertilizantes sintéticos que tradicionalmente han incorporado a sus campos de cultivo; contribuyendo con ello a incrementar la contaminación del suelo y el agua; sin tener en cuenta la habilidad simbiótica del cultivo de pallar como toda leguminosa, con sus rizobios nativos y su respuesta positiva a la inoculación con rizobacterias que unas son simbióticas, otras son promotoras del crecimiento vegetal; con lo cual se puede disminuir el costo de producción en el rubro de fertilizantes, al utilizar biofertilizantes eficientes.

La escasa o ausente capacitación en los beneficios de la inoculación con rizobacterias y el uso de productos bioestimulantes de procedencia natural, no permite que el agricultor productor de menestras, logre cosechas más saludables en beneficio de los consumidores, además de reducir costos y contribuir con la conservación del ambiente.

Los temas mencionados, son los que motivan a realizar estudios en campo de agricultores, con investigación participativa, que los motive a replicar los resultados satisfactorios que se vienen logrando en diversos estudios que anteceden al presente.

## 1.1 Antecedentes de la investigación

### 1.1.1 Antecedentes a nivel internacional

Fernández [3], en su investigación realizada en la Universidad Nacional del Sur (Argentina), indica que la inoculación de las leguminosas es una práctica agronómica dirigida a integrar bacterias fijadoras de nitrógeno a las semillas con el propósito de proveer una cantidad adecuada de bacterias a la raíz de una planta, en el momento del comienzo de la formación de nódulos. Así mismo, indica que los inoculantes son productos comerciales con alta densidad de cultivos específicos de rizobios incorporados a diversos soportes. Además, señala que el método más convencional es la aplicación de inoculantes en la semilla. Concluye que la inoculación se manifiesta como una alternativa biológica sustentable, ya que se aprovechan los microorganismos y sus capacidades fisiológicas, como la fijación simbiótica de nitrógeno.

Morfin [4], informa que inoculó semilla de *Phaseolus vulgaris* L. con rizobacterias en el departamento de Jutiapa-Guatemala, y que los tratamientos estuvieron conformados por 0.40, 0.60, 0.80 y 1.0 kg ha-1 de *Rhizobium tropici* + *Rhizobium etli*, 80 kg N/ha y el testigo absoluto. Señala que utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), con seis tratamientos y cinco repeticiones. Las variables evaluadas fueron: número de nódulos por planta, materia seca por planta y rendimiento de grano en kilogramo por hectárea. Los resultados en relación a la variable número de nódulos por planta, indicaron que el mejor tratamiento fue el de 1.0 kg ha-1 de *Rhizobium*, para las variables materia seca por planta y rendimiento de frijol en kg ha-1, el mejor tratamiento fue el de 80 kg de N/ha.

Moreno *et al.* [5], señalan que las investigaciones colombianas se han orientado hacia el desarrollo de nuevas biotecnologías: ocasionando que exista un interés creciente en los microorganismos benéficos del suelo ya que éstos pueden promover el crecimiento de las plantas y, en algunos casos, evitar infecciones del tejido vegetal por patógenos. Las interacciones de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) con el medio biótico – plantas y microorganismos – son muy complejas y utilizan diferentes mecanismos de acción para promover el crecimiento de las plantas, que se agrupan en: 1) Biofertilización; 2) Fito-estimulación; y 3) Biocontrol. Su uso reduce el uso de fertilizantes sintéticos y los impactos negativos al suelo, aumenta el rendimiento de los cultivos, contribuyendo con la economía y la alimentación de la población.

Bernal *et al.* [6] informan que en su trabajo de investigación realizado en la estación experimental Santa Catalina, Quito-Ecuador, inocularon semillas de leguminosas con rizobacterias, con la finalidad de generar mayor desarrollo y rendimiento. Refieren que la cantidad de inoculante a aplicar depende del tamaño de la semilla, por ejemplo, para una leguminosa de 1 a 10 semillas por gramo, se emplea 10 g de inoculante por kilogramo de semilla. Finalmente indican que la siembra debe realizarse tras unos pocos minutos de la inoculación cubriendo la semilla con el suelo, y que no se debe almacenar la semilla inoculada ya que la bacteria puede perder su efectividad.

### 1.1.2 Antecedentes a nivel nacional

Ramos y Zuñiga [7], informan que en la Universidad Nacional Agraria La Molina, evaluaron la actividad microbiana en la rizosfera de *Phaseolus lunatus var. sieva*, en muestras de suelo colectadas en campo, cuyas semillas fueron inoculadas con *Bradyrhizobium sp.* cepa PCYGIVN3, cepa PSNC4N2 y la interacción de éstas; además, se evaluó la aplicación de fertilizante N-P-K y el control sin inocular, en un diseño completo al azar, con tres repeticiones. Los autores concluyen que, durante la floración, se apreciaron los más altos valores de actividad microbiana en la rizosfera de pallar inoculado con *Bradyrhizobium* cepa PSNC4N2 (T1) y PCYGIVN3 (T4).

Chipana *et al.* [8] realizaron su trabajo de investigación sobre la inoculación de *rhizobium etli* y su influencia sobre el rendimiento de *Phaseolus vulgaris L* en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna-Perú. Los tratamientos fueron: inoculante 2.5 x $10^7$ cel $g^{-1}$ suelo (200 g de suelo en 30 kg de semilla), inoculante 2.5 x $10^8$ cel $g^{-1}$ suelo (200 g de suelo en 30 kg de semilla), inoculante 2.5 x $10^9$ cel $g^{-1}$ suelo (200 g de suelo en 30 kg de semilla), testigo fertilizado y testigo absoluto. Se empleó el diseño experimental de bloques completamente aleatorizado, con seis tratamientos y tres repeticiones. Como resultado destacó el tratamiento inoculado con una concentración de 2.5 x $10^9$ cel $g^{-1}$ suelo que generó el mayor número de nódulos totales con un promedio de 47.67 y con una efectividad de 84.02 %.

Coaquira *et al.* [9] informan que en un experimento realizado en el INIA-Lima, evaluaron el efecto de la inoculación con rhizobium sobre el rendimiento de *Phaseolus vulgaris L.*, variedad "blanco molinero", en un diseño de bloques completo al azar con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. Entre sus tratamientos utilizaron inoculación de *Rhizobium leguminosarum*, *Trichoderma harzianum*, aplicación de biofertilizantes y testigo absoluto. Los resultados indicaron que la inoculación de rizobacterias y la interacción con los biofertilizantes mejoró el número de vainas/planta, número de granos por vaina y peso de semillas.

Morales [10] en su tesis realizada en la Universidad Nacional de Piura, aplicando Bioestimulante orgánico en el cultivo de Soya, informa que utilizó dos bioestimulantes Fertialga y Biogen 2, siendo las dosis empleadas: 0.0, 1.0, 1.5 y 2.0 l/200 L. de agua, que fueron aplicadas en dos oportunidades: 50% al inicio de botoneo floral y 50% al inicio de la floración, en la variedad Júpiter procedente de la Estación Experimental de Vista Florida – Lambayeque. Concluye que el bioestimulante orgánico y la dosis de mejor efecto sobre el rendimiento de grano en el cultivo de soya, fue Fertialga x 1.5 lt/200 lt. agua que permitió obtener 2878.13 kg/ha.

### 1.1.3 Antecedentes a nivel local

Fernández y Torres [11], en su investigación realizada en Guadalupe-Ica, utilizando productos biotecnológicos en dos líneas promisorias de pallar, evaluaron los tratamientos que resultaron de la combinación de productos biotecnológicos: sistemas RHIZOTEC-A, sistema RHIZOTEC B, cepas seleccionadas de *Bacillus sp* y de *Bradyrhizobium yuanmingense* LMTR 28 que se inocularon y reinocularon en las líneas de pallar precoz de habito de crecimiento determinado PPD 130-2013 y PPD 118-2013, con sus respectivos testigos NP+ fertilizados para la comparación respectiva, utilizando el diseño en bloques completamente al azar con 14 tratamientos y cuatro repeticiones. Como resultado encontró que los consorcios microbianos RHIZOTEC-A y RHIZOTEC-B, promovieron un efecto positivo en las variables evaluadas de ambas líneas de pallar, aunque este efecto se vio potenciado cuando se combinaron las cepas de *Bradyrhizobium yuanmingense* y *Bacillus sp.* Concluyen que ambas líneas de pallar, tuvieron efecto positivo al utilizar los productos biotecnológicos en estudio.

Barrientos y Guillén [12] informan que en su trabajo de investigación aplicando productos biotecnológicos con cepas seleccionadas de rizobacterias, LMTR 28 de *Bradyrhizobium yuanmingense*, *Rhizobium sp.* y *Bacillus sp.*, que se inoculó y reinoculó en el cultivo de pallar, variedad Precoz de Ocucaje, en el sector de Guadalupe-Ica, con sus respectivos testigos NP+ y NP-, en un diseño en bloques completamente al azar con siete tratamientos y cinco repeticiones. Señalan que como resultado obtuvieron que las rizobacterias aplicadas solas no fueron tan efectivas como cuando se aplicaron de forma combinada; además, el efecto de la cepa de *Bacillus sp.*, mejoró al combinarse con las cepas seleccionadas de *Rhizobium sp.* o de *Bradyrhizobium* sp. (cepa LMTR 28).

Cullanco [13] informa que evaluó el efecto de la coinoculación y reinoculación con cepas seleccionadas de rizobacterias en el rendimiento de una línea de pallar precoz, en Subtanjalla-Ica, en siembra de abril, evaluando seis tratamientos con el Diseño en Bloques Completamente al Azar con cinco repeticiones. Señala que los resultados

obtenidos le indicaron que los tratamientos inoculados, coinoculados y reinoculados con las cepas seleccionadas de rizobacterias 1 (*Bacillus* sp) y 2 (*Bradyrhizobium* sp.) 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, el peso seco de la biomasa aérea, biomasa radicular y peso de 100 semillas. No encontró diferencia significativa en el contenido de nitrógeno en el grano entre todos los tratamientos evaluados, incluyendo los dos testigos.

Chipana y Contreras [14], informan que en su trabajo de investigación utilizaron extracto de algas marinas en el cultivo de pallar, cultivar Ica 450-3-71, en el Fundo "San Camilo" de la Asociación de Agricultores de Ica, distrito de Parcona, Ica, utilizando el Diseño de Bloques Completamente Randomizado, dispuesto en factorial con tres dosis de un compensador energético y tres dosis de extracto de algas marinas, más un testigo (sin aplicación de un compensador energético y extracto de algas marinas), con 5 repeticiones. Como resultado obtuvieron que los efectos principales presentaron diferencias estadísticas en las combinaciones de los factores en estudio donde el compensador energético y el extracto de algas marinas en sus diferentes dosis, superaron ampliamente al testigo que obtuvo una producción de 2,239 kg/ha, destacando las combinaciones 9(ATP-UP 4.5 L/ha + Kelpway 6.0 L/ha) con 2,556 kg/ha; 6(ATP-UP 3.75 L/ha + Kelpway 6.0 L/ha) con 2,515 kg/ha; 3(ATP-UP 3.0 L/ha + Kelpway 6.0 L/ha) con 2,494 kg/ha.

Agrobanco [15], refiere que hay una interesante tecnología probada experimentalmente con mucho éxito en campos de agricultores de Ica, Palpa y Nazca; por lo que se sugiere que se inocule la semilla de pallar con cepas seleccionadas de rizobios, momentos antes de la siembra, para garantizar la actividad simbiótica planta-rizobio y con ello la disponibilidad del nitrógeno biológico desde temprana edad de la planta. La inoculación consiste en colocar la semilla de pallar sobre plástico muy limpio o de primer uso, agregando un sobre de inoculante de 250 g en soporte sólido o un frasco de 40 ml de inoculante en soporte líquido, lo que alcanza para los 40-45 kg/ha de semilla de pallar. Se debe utilizar guantes para una buena inoculación, agregando pequeñas cantidades de agua destilada o agua mineral hasta que el inoculante haya quedado completamente impregnado a la superficie de la semilla; luego se deja orear o reposar la semilla por unos minutos para posteriormente sembrar.

## 1.2 Bases teórica de la investigación

### 1.2.1 Sobre el cultivo de pallar

*Phaseolus lunatus* L. es una especie miembro de la familia Leguminosae (o Fabaceae), subfamilia Faboideae (Papilionoideae), tribu Phaseoleae y subtribu Phaseolinae. Es una planta herbácea de hábito de crecimiento determinado e indeterminado. Las variedades erectas o arbustivas alcanzan los 50 cm de altura. Las plantas de pallar forman nódulos simbióticos con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico; son principalmente colonizadas por aquellos rizobios presentes naturalmente en el suelo, pero muestran cierta predilección por los del género *Bradyrhizobium*. Sus tallos son herbáceos, estriados, levemente pubescentes o glabros; sus hojas son pequeñas, alternas, trifoliadas, con los foliolos ovalados, lanceolados, rómbicos u ovoides, de 3 cm a 19 cm de largo y 1 cm a 11 cm de ancho, con ápice agudo y base redondeada. Sus hojas son de color verde-azulado, con o sin pubescencia, membranosas y coriáceas, con estípulas lineares, ovaladas o lanceoladas. Los peciolos alcanzan de 1,5 hasta 19 cm de largo [2].

Vásquez [16] menciona que el pallar es una especie que prospera en climas templados. Las condiciones climáticas requeridas por la planta son: temperatura moderada, humedad relativa alta, y alta luminosidad. Así en la época de mayor siembra (febrero a abril) la temperatura media mensual en el valle de Ica varía entre los 19,7 a 25,4 °C. La humedad relativa en promedio mensual varía de 71 a 76 %; y, las horas de sol, en promedio mensual están entre 6,2 y 8 horas. En la etapa de crecimiento, floración, y fructificación de la planta la temperatura media mensual varía de 16,2 a 17,7 °C. La humedad relativa mensual de 75 a 76 %, y, las horas de sol entre 6,3 y 7 horas. En la época de maduración y cosecha la temperatura media mensual varía entre 20 y 22 °C; la humedad relativa mensual de 65 a 69 %, y, las horas de sol de 7,7 a 8,3.

Vásquez [16] indica que el pallar es un cultivo poco exigente en calidad de suelos. Prospera bien en suelos profundos, fértiles, de textura media o ligera, bien drenados, siendo los suelos francos o areno-arcillosos los más aparentes para el cultivo. La época oportuna para aplicar los fertilizantes es al momento de la siembra, aunque también se puede realizar a los 20 a 30 días después de la siembra. Diversas experiencias indican que la dosis recomendada para el pallar, en las condiciones ambientales de los valles de Ica y Pisco es de 30 a 40 kg de nitrógeno y de 60 a 80 kg de fósforo por hectárea, mientras que la Universidad Nacional Agraria La Molina recomienda aplicar de 40 a 60 kg de nitrógeno y de 60 a 80 kg de fósforo por hectárea. No se recomienda aplicar potasio porque los suelos de la costa son, por lo general, ricos en este elemento.

El pallar en Perú es un producto milenario de excelente calidad alimentaria y agradable sabor, y cuenta con la denominación de origen (DO) “pallar de Ica”. En este país se realizaron algunos esfuerzos a nivel de mejora: se evaluaron ocho líneas de pallar como alternativas potenciales para la agroindustria, y se encontró que las nuevas líneas destacaron por su mayor precocidad, con 38 días al inicio de la floración y de 105 a 110 días hasta la madurez de por ser muy tardío y por el riesgo de erosion genética de la variedad [2].

### 1.2.2 Sobre los productos biotecnológicos

Los productos biotecnológicos son todos aquellos productos que contienen microorganismos vivos, con capacidad para colonizar la rizósfera o el interior de las plantas, que aplicados al suelo y/o a éstas, a través de la inoculación, pueden vivir asociados o en simbiosis con las especies vegetales y les ayudan a su nutrición y protección, con ellos se pretende sustituir parcial o totalmente la aplicación de fertilizantes sintéticos, y reducir su efecto contaminante [17].

Los productos biotecnológicos son nuevas tecnologías enfocadas en mantener y preservar la sostenibilidad del sistema de producción mediante la explotación racional de los recursos naturales y la aplicación de medidas pertinentes para preservar el ambiente [18]. En este sentido, la inoculación y el manejo agronómico de los microorganismos con propiedades biofertilizantes constituyen tecnologías racionales y surgen como prácticas innovadoras y promisorias para la actividad agrícola.

Vásquez [16] la inoculación consiste en impregnar las semillas con el inoculante (previamente mezclado con una cantidad adecuada de agua). Se revuelve la semilla con esta mezcla hasta formar una fina película de inoculante sobre la superficie de cada semilla. La semilla inoculada debe ser sembrada casi de inmediato, pues la luz y el calor solar pueden eliminar las bacterias. Para la inoculación de la semilla se debe tener en cuenta que la mayoría de las leguminosas conviven con razas específicas de bacterias. Por ello es conveniente seleccionar el inoculante de acuerdo a su contenido en bacterias compatibles con el cultivo.

La inoculación de biofertilizantes que contienen bacterias rizosféricas ha provocado incrementos significativos en la productividad de los cultivos agrícolas [18]. Por su parte Mishra y Dash [17] elaboraron un listado de ventajas y desventajas inherentes al empleo de biofertilizantes, las cuales se describen a continuación:

Ventajas

- Ayudan a incrementar la actividad biológica del suelo, con lo cual se mejora la movilización de elementos nutritivos y la descomposición de sustancias tóxicas.

- Incrementan la estructura del suelo, favoreciendo un mejor crecimiento radicular
- Aumentan el contenido de materia orgánica (MO) del suelo, con lo cual se mejora la capacidad de intercambio catiónico, incrementan la retención de humedad, promueven la formación de agregados y amortiguan cambios bruscos contra acidez, alcalinidad y salinidad.
- Liberan de forma gradual o lentamente elementos nutritivos y contribuyen a la reserva residual de N y P orgánicos del suelo, reduciendo las pérdidas de N por lixiviación y la fijación de P y también pueden suministrar micro elementos nutritivos.

Desventajas

- Comparativamente, con respecto a los fertilizantes sintéticos, presentan un reducido contenido de elementos nutritivos.
- La velocidad de liberación de los elementos nutritivos es demasiado lenta para cubrir los requerimientos de las plantas.
- Los macro elementos primarios pueden no estar en cantidades suficientes en los fertilizantes orgánicos para soportar el máximo crecimiento de los cultivos. Una desventaja adicional es que en varios países, preferentemente en las áreas rurales, se ha dificultado o retrasado el empleo de los biofertilizantes, en gran parte por la idiosincrasia de sus habitantes, ya que la renuencia básica a usar bacterias, como microorganismos benéficos se debe a que éstos, en estas regiones, aún permanecen asociados con enfermedades humanas y de animales [18].

**Rizobacterias**

La expresión Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) fue acuñada por J. W. Kloepper y M. N. Schroth en 1978, para describir las bacterias que habitan la rizósfera y que afectan positivamente el desarrollo de las plantas [19]. Estas bacterias tienen la capacidad de colonizar activamente el sistema radicular para favorecer y/o mejorar su crecimiento y rendimiento [20]. Las RPCV representan alrededor del 2 al 5 % de las bacterias rizosféricas [21]. Las siglas RPCV hacen referencia a todas las bacterias que son capaces de mejorar el crecimiento de las plantas a través de uno o más mecanismos. Los siguientes géneros de bacterias han sido reportados como RPCV: Agrobacterium, Arthrobacter, Azoarcus, Azospirillum, Azotobacter, Bacillus, Burkholderia, Caulobacter, Chromobacterium, Enterobacter, Erwinia, Flavobacterium, Klebsiella, Micrococcous, Pantoea, Pseudomonas, Rhizobium y Serratia [22].

Las RPCV ejercen efectos benéficos en las plantas a través de mecanismos directos e indirectos, o una combinación de ambos [23]. Entre los mecanismos directos destacan: la fijación de nitrógeno (N); la síntesis de fitohormonas, vitaminas y enzimas, la

solubilización de fósforo (P) inorgánico y la mineralización de fosfato orgánico, la oxidación de sulfuros, el incremento en la permeabilidad de la raíz, la producción de nitritos, la acumulación de nitratos, la reducción de la toxicidad por metales pesados y el incremento de la permeabilidad de las raíces [24]. Mientras que, los mecanismos indirectos se caracterizan porque las RPCV ocasionan la disminución o eliminación de microorganismos fitopatógenos, ya sea a través de la producción de sustancias antimicrobianas o de antibióticos, de enzimas líticas o una combinación de éstas; por competencia de nutrimentos o de espacio en el nicho ecológico, así como por estimulación de las defensas naturales de la planta mediante mecanismos de biocontrol.

**Bacillus sp.**

Ramos [25], señala que el género *Bacillus spp*. son bacterias móviles por flagelos perítricos y aeróbios estrictos en su mayoría. Consiste en un gran número de diversas formas de bastón, Gram positivo, oxidasa y catalasa positiva. En los medios de cultivo líquidos se desarrollan formando un biofilm (velo) en la superficie, capaces de producir endosporas, las que resisten altas temperaturas y factores físicos perjudiciales como la desecación, la radiación, los ácidos y los desinfectantes químicos.

Corrales *et al.* [26], refieren que la interacción del género *Bacillus* con el hábitat terrestre puede ocurrir de forma directa o indirecta. La forma directa, cuando actúa como agente rizosférico, el cual tiene la capacidad de degradar sustratos derivados de la fauna, la flora y los compuestos de origen orgánico como los hidrocarburos; promueve la producción de antibióticos, promoción de crecimiento vegetal y los procesos de fijación de nitrógeno y solubilización de fosfatos y de forma indirecta, cuando actúa en la producción de sustancias antagonistas de patógenos o induciendo mecanismos de resistencia.

*Bacillus* sp. es secretor de proteínas y metabolitos eficientes para el control de plagas y enfermedades, promueve el crecimiento vegetal a través de la solubilización de fósforo y la producción de reguladores de crecimiento como el ácido indol acético; así mismo participa en la fijación de nitrógeno cuando hace parte de consorcios microbianos. Como biofertilizante es una opción amigable para el suelo y el ambiente que da respuesta a la necesidad de implementar la agricultura sostenible [26].

**Bradyrhizobium sp. y Rhizobium sp.**

Wang *et al.* [27], mencionan que las bacterias del género *Bradyrhizobium* son bacilos Gram negativos de 0.5-0.9 x 1.2-3.0 μm. Se mueven con un flagelo polar o subpolar. Este género consiste de cepas de lento crecimiento, productoras de álcali. Las tres especies definidas en este género, *B. japonicum* (especie tipo), *B. elkanii* y *B. liaoningense* pueden

nodular a las leguminosas. El género *Bradyrhizobium* forma simbiosis con leguminosas de origen tropical, presenta un crecimiento lento en vida libre y los genes relacionados con la fijación son cromosómicos.

Vielma [28], indica que *Bradyrhizobium sp.* es una bacteria fijadora de nitrógeno que forma nódulos en las raíces de las plantas leguminosas y que tiene un gran potencial como inoculante.

El género *Rhizobium sp.* son bacilos Gram negativos, que miden 0.5-1.0x1.2-3.0 μm. Se mueven por medio de 1-6 flagelos que pueden ser peritricales o subpolares. Las colonias generalmente son blancas o color beige, circulares, convexas, semitranslúcidas u opacas y mucilaginosas; generalmente miden 2-4 mm de diámetro a los 3-5 días de incubación en YMA. Forma nódulos con leguminosas de origen templado, presenta un crecimiento rápido en vida libre y los genes relacionados con la fijación se encuentran en plásmidos [27].

Sobre las funciones de *Rhizobium* , Fertilab [29] indica que las bacterias de este género participan en importantes procesos como en el ciclo de los nutrimentos como el carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P). Viven en simbiosis con determinadas plantas (como por ejemplo las leguminosas) en su raíz, después de un proceso de infección inducido por la propia planta mediante la secreción de lectina, a las que aportan el nitrógeno necesario para que la planta viva y está a cambio le da cobijo.

Sanchez [30], sostiene que la simbiosis entre leguminosas y rizobium tiene un verdadero interés agronómico: Más rendimiento: Por un lado, la planta proporciona un espacio ecológico a las bacterias y las fuentes de carbono necesarias para su desarrollo. Suelo más rico: Al final del cultivo, la descomposición de las plantas o de los residuos de las cosechas enriquecerá el suelo con nitrógeno y fertilizará naturalmente los campos.

Caballero *et al.* [31] Bradyrhizobium sp. y Rhizobium sp. son bacterias presentes en leguminosas, se encargan de fijar el Nitrógeno atmosférico, el objetivo principal de estas bacterias es la de transformar el nitrógeno atmosférico en nitrógeno apto para la planta, llegando a producir nodulaciones en las raíces mientras que, las plantas protegen y alimentan al microorganismo.

**Extractos de algas marinas**

Mycsa [32], señala que los extractos de algas marinas son bioestimulantes que se pueden utilizar en extracto líquido o granular (polvo). Es derivado de algas marinas frescas (*Ascophyllum nodosum*), actúa como quelante, mejorando la utilización de nutrientes

minerales de la planta, así como la estructura y aireación del suelo, lo que puede estimular el crecimiento de las raíces.

González [33], menciona que los extractos de algas marinas poseen sustancias bioestimulantes como polisacáridos, fitohormonas y micronutrientes capaces de estimular el crecimiento vegetal y ofrecer una mayor protección frente a diferentes tipos de estrés abiótico y biótico. Los extractos de algas tienen efectos sobre la microbiota del suelo ya que modifican ciertas propiedades de este como la actividad enzimática, aireación y retención de agua, favoreciendo la proliferación de microorganismos como hongos micorrícicos o bacterias fijadoras de nitrógeno. Estudios previos muestran que la aplicación de extractos de algas marinas estimula la actividad de los microorganismos del suelo, que induce una mayor disponibilidad de nutrientes para la planta facilitando su absorción, reducen la compactación, aumentan la aireación y capacidad de retención de agua del suelo. También tienen un efecto positivo sobre la actividad biológica (respiración y movilización del nitrógeno) del suelo ya que promueve la diversidad microbiana, creando así un medio ambiente adecuado para el crecimiento de la raíz.

Los extractos de algas marinas son ampliamente utilizados en la agricultura como bioestimulantes del crecimiento vegetal y constituyen una alternativa ecológica al consumo excesivo de productos agroquímicos sintéticos. Estos productos naturales son mezclas complejas de compuestos bioactivos tales como reguladores del crecimiento vegetal, polisacáridos, fenoles, aminoácidos, esteroles, betaínas, vitaminas, macro y microminerales. Su aplicación en la producción de diferentes cultivos genera un amplio espectro de respuestas positivas en el sistema planta-suelo [33].

Los extractos de algas marinas (EAM) han sido producidos comercialmente desde 1980 [34] y ya representan más del 33% del mercado global de bioestimulantes vegetal. Poseen amplia aceptación en la agricultura pues son considerados insumos ecológicos, biodegradables, no tóxicos y seguros para la salud animal y humana [35]. Se obtienen a partir de la biomasa de algas marinas cosechada directamente en las costas o cultivadas en mar abierto.

Evidencias científicas corroboran la acción estimulante de los EAM en la germinación de las semillas, el vigor de las plántulas, el crecimiento y morfología de las raíces, la floración temprana, el retardo de la senescencia, la maduración de los frutos, el rendimiento de los cultivos y la calidad nutricional del producto comestible [35]. Además, las aplicaciones de diferentes tipos de extractos promovieron la actividad de microorganismos benéficos en la rizosfera, la tolerancia de las plantas a distintas condiciones de estrés abiótico y la protección frente a plagas y enfermedades [36].

Agromega [37], indica que Alga Max Super es un bioestimulante foliar natural a base de algas marinas del género de *Ascophyllum*. Estimula la actividad fotosintética del follaje y el crecimiento de los frutos en los cultivos. Se aplica en los momentos de fecundación, cuajado y crecimiento inicial de los frutos. Es rico en N-P-K, además de fitohormonas naturales, vitaminas, aminoácidos, lo que permite mantener a la planta en activo balance fisiológico. Actúa estimulando el metabolismo y equilibra sus funciones fisiológicas a nivel de las células, de manera integral desarrollando su potencial productivo frente al estrés climático. Este efecto se traduce en un adecuado desarrollo de raíz lo que se traduce en crecimiento vegetativo, floración, fructificación y desarrollo del fruto.

## 1.3 Planteamiento del problema

El cultivo de pallar *(Phaseolus lunatus L.)* es una leguminosa de grano de gran relevancia por su alto contenido en proteínas, su sabor muy agradable y ser un alimento que forma parte de la dieta de la población sobre todo de la región de Ica. Así mismo, es necesario indicar su valor agronómico pues es un cultivo mejorador del suelo, ya que tiene influencia en su fertilización nitrogenada, por la gran habilidad simbiótica que realiza con sus rizobios, logrando utilizar el N atmosférico de manera eficiente.

Frente a las exigencias cada vez más frecuentes por el consumo de granos sanos y la necesidad de proponer alternativas innovadoras para lograr mantener el buen potencial de rendimiento que tiene el pallar, con el valor agregado de la obtención de cosechas saludables al disminuir al máximo el uso de agroquímicos, en beneficio de la salud de la población; es que se plantea abordar el problema del uso de productos biotecnológicos, teniendo en consideración los inoculantes a base de cepas seleccionadas de los rizobios específicos para el cultivo de pallar y aplicación foliar de extracto de algas marinas.

### 1.3.1 Formulación del problema

**Problema general.**

¿Qué efectos tendrá la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad del grano de pallar, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica?

**Problemas específicos.**

- ¿Qué efectos tendrá la aplicación de rizobacterias en el rendimiento y calidad del grano de pallar, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica?
- ¿Qué efectos tendrá la aplicación de extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad del grano de pallar, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica?

- ¿Qué efectos tendrá la aplicación combinada de rizobacterias-extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad del grano de pallar, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica?

## 1.4 Justificación e importancia de la investigación

### 1.4.1 Justificación

Con la finalidad de aportar en el avance de la agricultura e impulsar el crecimiento sostenido con investigaciones que permitan una producción sostenible en el tiempo, en términos de rendimientos y rentabilidad, se ha visto por conveniente realizar el presente trabajo de investigación para determinar el efecto de la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad del grano en el cultivar PPD 118-2013 de pallar precoz, pretendiéndose de esta manera establecer pautas que puedan contribuir de guía a los agricultores para mejorar sus rendimientos de pallar, mediante un manejo más novedoso, haciendo uso de productos biotecnológicos (inoculantes a base de rizobacterias y extracto de algas marinas).

Peña y Reyes [38] señalan que la necesidad de generar cultivos limpios, con trazas mínimas o nulas de agroquímicos que afecten la salud humana a largo plazo, viene implementando el uso de los microorganismos benéficos del suelo, que pueden promover el crecimiento de las plantas y también evitar la infección del tejido vegetal por patógenos, estos son denominados PGPR (plant growth promoting rhizobacteria), rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal). Estos microorganismos pueden encontrarse en el suelo en asociaciones simbióticas o de vida libre, en interacción con las raíces de la rizosfera de las plantas.

Se justifica plenamente la investigación en el uso de productos biotecnológicos como las cepas seleccionadas de rizobacterias, con la aplicación foliar de extractos de algas marinas.

Y, con respecto a los microorganismos, en el presente estudio, se remarca la importancia de la inoculación de la semilla con rizobacterias tanto para aprovechar la capacidad simbiótica con *Rhizobium* sp. y *Bradyrhizobium* sp., como la promoción del crecimiento vegetal con la cepa seleccionada de *Bacillus* sp.

### 1.4.2 Importancia

El pallar *(Phaseolus lunatus L.)* es uno de los cultivos de mayor importancia en la región de Ica. Aunque en los últimos años, el cultivo de pallar ha sufrido efectos perjudiciales relacionados al cambio climático y plagas que afectan su rendimiento.

Por esta razón resulta de suma importancia el conocimiento y manejo de nuevas tecnologías, como la inoculación de la semilla de pallar con rizobios, momentos antes de la siembra, para garantizar la actividad simbiótica planta-rizobio y con ello la disponibilidad del nitrógeno biológico desde temprana edad de la planta; mientras que la aplicación de extractos de algas en los cultivos, trae consigo una serie de beneficios entre ellos aumento en el rendimiento, resistencia al estrés biótico y abiótico, entre otros.

La importancia del presente trabajo de investigación radica en proporcionar información sobre el efecto de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del cultivo de pallar, que a su vez permita mejorar el manejo agronómico y fitosanitario, elevando los rendimientos por unidad de área y mejorar la calidad del producto cosechado, en beneficio de los agricultores, quienes pueden adoptar tecnologías innovadoras de fácil práctica, para lograr un importante valor agregado a su producto cosechado, como es la obtención de granos sanos y saludables en beneficio de la alimentación humana; pudiendo lograr mejores precios en beneficio del bienestar familiar.

Es una propuesta innovadora hacia un manejo del cultivo amigable con el ambiente y hacia una producción sostenible del pallar.

## 1.5 Hipótesis y variables

### 1.5.1 Hipótesis

**Hipótesis general**

La aplicación de productos biotecnológicos tiene efecto positivo en el rendimiento y calidad del grano de pallar, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica.

**Hipótesis especificas**

- La aplicación de rizobacterias tiene efecto positivo en el rendimiento y calidad del grano de pallar, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica.
- La aplicación de extractos de algas marinas tiene efecto positivo en el rendimiento y calidad del grano de pallar, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica.
- La aplicación combinada rizobacterias-extractos de algas marinas tienen efecto positivo en el rendimiento y calidad del grano en el pallar, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica.

### 1.5.2 Variables de investigación

**Variable independiente (X)**

$X_1$= Cepas de rizobacterias: *Bacillus sp.*, *Rhizobium sp.*, *Bradyrhizobium* sp. (cepa LMTR 28).

$X_2$= Extracto de algas marinas (Alga Max Super).

$X_3$= Cultivar de pallar precoz PPD 118-2013.

**Variable dependiente (Y)**

$Y_1$= Rendimiento de grano.

$Y_2$= Calidad del grano.

**Variables intervinientes (Z)**

$Z_1$= Condiciones edafoclimáticas.

$Z_2$= Condiciones fitosanitarias.

## 1.6 Objetivos de la investigación

### 1.6.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad del grano de pallar, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica.

### 1.6.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la aplicación de rizobacterias en el rendimiento y calidad del grano de pallar, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica.
- Determinar el efecto de la aplicación de extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad del grano de pallar, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica.
- Determinar el efecto de la aplicación de la combinación rizobacterias-extracto de algas marinas en el rendimiento y calidad del grano de pallar, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica.

# II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

## 2.1 Tipo y Nivel de la investigación

La presente investigación es cuantitativa de tipo experimental.

El nivel de la investigación es aplicada, porque se trata de una investigación que busca resolver problemas prácticos.

## 2.2 Población y Muestra del estudio

La población está representada por 672 plantas de pallar *(Phaseolus lunatus L.)* precoz de hábito de crecimiento determinado, distribuidas en 28 unidades experimentales con 24 plantas en cada una de ellas.

La muestra del estudio está representada por 196 plantas (7 x 28) de pallar del cultivar PPD 118-2013, distribuidas en 28 unidades con 7 plantas evaluadas por unidad experimental o parcela.

## 2.3 Materiales

### 2.3.1 Ubicación del campo experimental

El trabajo de investigación se efectuó en el fundo Agrorgánica, de propiedad del Ing. Fredy Yupanqui, localizado en caserío Yanquiza, distrito de Subtanjalla, provincia y departamento de Ica, ubicado en la zona media del valle de Ica.

Las coordenadas son las siguientes:

- Latitud: 14°01’32”S
- Longitud: 75°44’40”O
- Altitud: 420 m.s.n.m

Las coordenadas UTM son las siguientes:

18L 419643.924 m E

8449344.806 m S

### 2.3.2 Análisis de suelo

Con la finalidad de saber sobre las características del suelo para poseer mayores elementos de decisión en el manejo del cultivo de pallar, se procedió a tomar siete submuestras en todo el campo experimental, utilizando lampa limpia y excavando a una profundidad de 30 cm, dichas submuestras se mezclaron para homogenizar y se formó una muestra representativa de aproximadamente 1 kg de suelo que fue enviada

al laboratorio de análisis de suelo, plantas, aguas y fertilizantes para el análisis respectivo (Tabla 1).

**Tabla 1.**

Análisis Físico-Mecánico del suelo

| Determinación | Profundidad del suelo (0-30 c.m) | Método empleado |
|---|---|---|
| Arena (%) | 59 | Método del hidrómetro |
| Limo (%) | 28 | Método del hidrómetro |
| Arcilla (%) | 13 | Método del hidrómetro |
| Clase textural | Franco arenosa | Triángulo Textural |

Fuente: Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes. Universidad Nacional Agraria La Molina-Facultad de Agronomía

Dicha muestra también se utilizó para realizar el análisis químico del suelo, cuyos valores obtenidos permitió tener una idea de las condiciones de fertilidad en que se encontraba el terreno experimental (Tabla 2).

**Tabla 2.**

Análisis Químico del suelo

| Determinación | Resultado | Método | Interpretación |
|---|---|---|---|
| pH | 7.76 | Potenciométrico | Ligeramente alcalino |
| C.E (mS/cm) | 1.15 | Extracto de pasta saturada-conductímetro | Muy ligeramente salino |
| $CaCO_3$ (%) | 1.34 | Gaso-volumétrico | Bajo |
| M.O (%) | 0.53 | Walkley y Black | Bajo |
| P disponible (ppm) | 10.6 | Olsen modificado | Medio |
| K disponible (ppm) | 156 | Acetato de amonio | Medio |
| N T (% N total) | 0.03 | Micro Kjeldahl- Cálculo | Bajo |
| C.I.C (meq/100 g) | 8.96 | Acetato de amonio | Bajo |
| Ca (meq/100 g) | 6.54 | Fotometría de llama | Medio |
| Mg (meq/100 g) | 1.44 | Fotometría de llama | Medio |
| Na (meq/100 g) | 0.65 | Fotometría de llama | Normal |
| K (meq/100 g) | 0.34 | Fotometría de llama | Bajo |
| P.S.I (%) | 7.25 | Cálculo | Ligeramente sódico |

Fuente: Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes. Universidad Nacional Agraria La Molina-Facultad de Agronomía

### 2.3.3 Análisis nematológico

Se consideró necesario realizar el análisis nematológico del terreno experimental, para conocer su estado en lo que respecta a presencia de nematodos fitopatógenos; por lo

que un mes antes de la siembra, se tomaron 7 sub muestras de suelo del área experimental a una profundidad de 25 a 30 cm, formando una muestra representativa de 1 kg aproximadamente, que fue llevada a laboratorio especializado (Tabla 3).

**Tabla 3.**

Análisis nematológico del suelo

| Nematodos en el suelo | Número de individuos en 100 g de suelo |
|---|---|
| *Meloidogyne* sp. (Endoparásito sedentario) | 12 |
| *Aphelenchus* spp. (Ectoparásito) | 05 |
| *Tylenchorhynchus* sp. (Ectoparásito) | 03 |
| Dorylaimido (Saprofito) | 02 |
| Rabditidos (Saprofito) | 82 |
| **Número de huevos de:** *Meloidogyne* sp. por g de raíz | 00 |

Fuente: Laboratorio Agrícola FERVILAB.

### 2.3.4 Observaciones meteorológicas

Con la finalidad de tener datos meteorológicos de la temporada en que se realizó la investigación, y poder relacionarlos con el comportamiento del cultivo de pallar, se recurrió a la Estación Co-Tacama del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Ica más cercana al campo experimental, para obtener información sobre temperaturas, horas de sol y humedad relativas, promedios (Tabla 4).

**Tabla 4.**

Observaciones meteorológicas de mayo a setiembre de 2022

| MESES | TEMPERATURAS °C | | | HORAS DE SOL (unidad) | | HUMEDAD RELATIVA (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Máxima | Media | Mínima | Diaria | Mensual | Mensual |
| Mayo | 28.84 | 19.30 | 9.77 | 8.55 | 265.0 | 80.52 |
| Junio | 26.26 | 17.16 | 8.05 | 7.03 | 211.0 | 82.49 |
| Julio | 25.85 | 17.56 | 9.26 | 7.35 | 227.8 | 84.13 |
| Agosto | 26.44 | 17.74 | 9.03 | 8.34 | 258.5 | 84.29 |
| Setiembre | 27.41 | 18.33 | 9.24 | 6.99 | 153.7* | 82.59 |

*.- Datos registrados en 22 días.

Fuente: Estación Meteorológica CO-TACAMA-SENAMHI-ICA

Latitud Sur : 13°59’59.1” S

Longitud Oeste : 75°43’14” W

Altitud : 440 msnm

### 2.3.5 Tratamientos

#### Material biológico

El material biológico estuvo conformado por semillas del cultivar PPD 118-2013 de pallar precoz.

También fueron parte del material biológico, los inoculantes a base de cepas seleccionadas de rizobacterias:

*Bacillus* sp., *Rhizobium* sp., *Bradyrhizobium* sp.

Igualmente, el extracto de algas marinas

Los tratamientos en estudio se conformaron por la combinación de los inoculantes a base de cepas de rizobacterias y la aplicación de extractos de algas marinas (Tabla 5).

**Tabla 5.**

Tratamientos en estudio

| N° | Tratamientos | Detalle |
|---|---|---|
| 1 | *Bacillus sp.*+ *Rhizobium sp.* | 0.5+0.5 ml/kg de semilla |
| 2 | *Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium* sp. | 0.5+0.5 ml/kg de semilla |
| 3 | (*Bacillus sp.* + *Rhizobium sp.*) + Alga Max Super | 0.5+0.5 ml/kg de semilla + 4 aplicaciones foliares: 2 L $ha^{-1}$/aplicación |
| 4 | (*Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium* sp.) + Alga Max Super | 0.5 + 0.5 ml/kg de semilla + 4 aplicaciones foliares: 2 L $ha^{-1}$/aplicación |
| 5 | Alga Max Super | 6 aplicaciones foliares: 2 L $ha^{-1}$/aplicación |
| 6 | Testigo NP + | Testigo fertilizado con 40-60-00 de NP |
| 7 | Testigo NP- | Testigo absoluto: sin inoculación y sin aplicación de extractos de algas marinas. |

**Donde:**

**Cepas de rizobacterias:**

Cepa 1= *Bacillus sp.* (cepa B13)

Cepa 2= *Rhizobium sp.*

Cepa 3= *Bradyrhizobium* sp. (cepa LMTR 28)

Todas las cepas se obtuvieron del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología-Marino Tabusso de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

**Extractos de algas marinas:**

Alga Max Super (a base de extractos algas marinas, por procesos biotecnológicos, para inducir en las plantas, un buen crecimiento y desarrollo).

## 2.4 Métodos

### 2.4.1 Diseño de la investigación

El diseño experimental que se utilizó en el presente trabajo de investigación, fue el Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA), con siete tratamientos y cuatro repeticiones o bloques, haciendo un total de 28 unidades experimentales.

### 2.4.2 Características del campo experimental

❖ **Dimensiones del terreno experimental**

- Largo..... 12.6 m
- Ancho..... 8.4 m
- Área total.....…….... 105.84 $m^2$
- Área de calles……. 25.20 $m^2$
- Área neta..... 80.60 $m^2$

❖ **Parcelas:**

- Largo de parcela..... 2.4 m
- Ancho de parcela..... 1.2 m
- Área de una parcela..... 2.88 $m^2$
- Numero de surcos por parcela……. 2
- Distancia entre surcos…….. 0.60 m
- Distancia entre golpes……. 0.40 m
- Número de plantas por golpe..... 2

❖ **Bloques:**

- Largo del bloque……. 8.4 m
- Ancho del bloque…… 2.4 m
- Área de un bloque..... 20.16 $m^2$
- Numero de bloques……..... 4

**Croquis experimental**

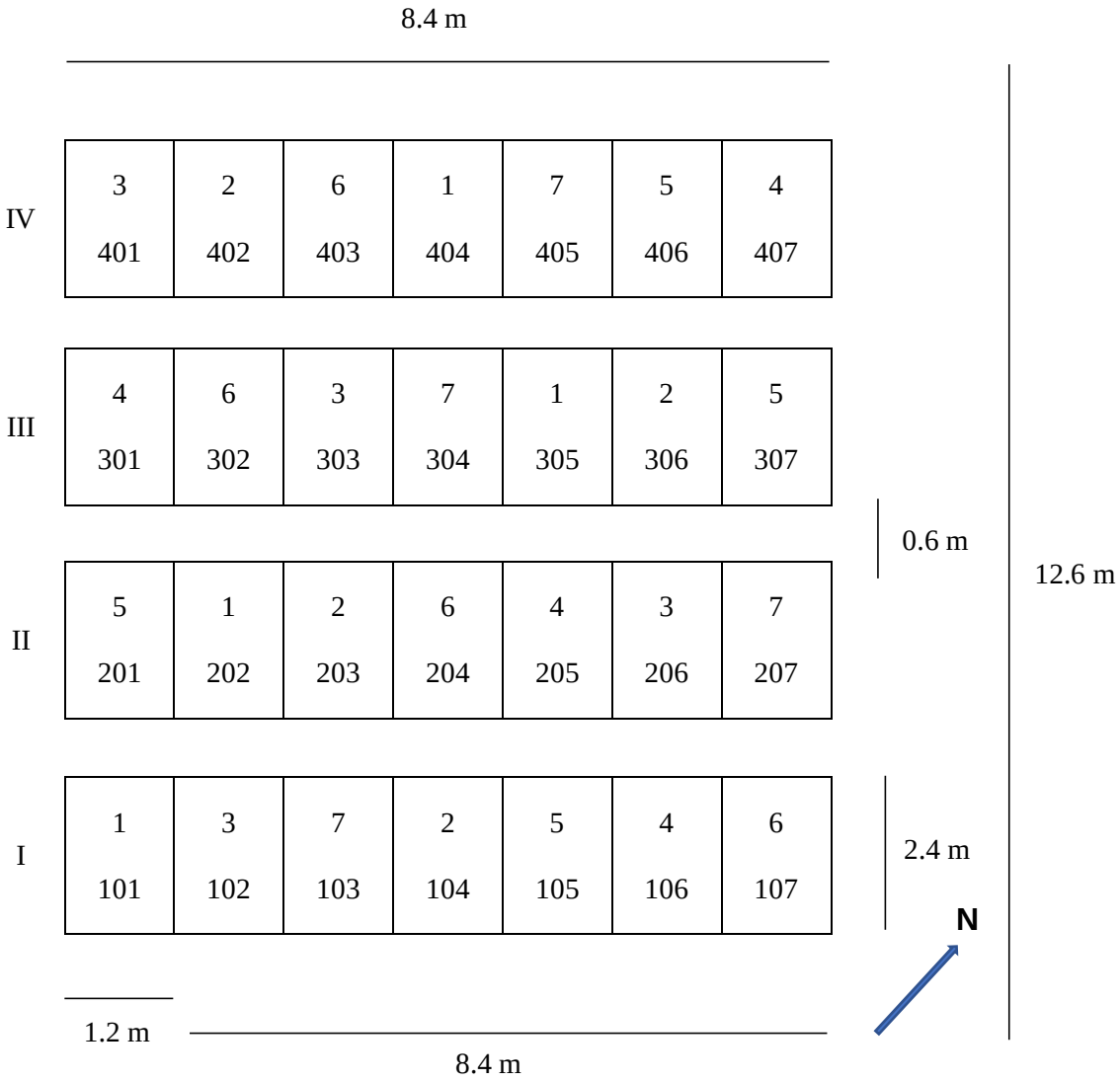


**Figura 1.** Distribución de los tratamientos en el croquis experimental

### 2.4.3 Metodología de aplicación de los tratamientos

La metodología de aplicación de los tratamientos, se refiere a la aplicación de los productos biotecnológicos (rizobacterias + extractos de algas marinas), considerados en el presente estudio, que se pasa a detallar a continuación:

1. Momentos antes de la siembra se procedió a la inoculación de la semilla de pallar, agregando el inoculante a base de *Bacillus sp.*, *Rhizobium sp.* y *Bradyrhizobium* sp., según tratamientos, agregando agua mineral y suelo fino en cantidad suficiente para formar una pasta pegajosa entre las semillas y los inoculantes, garantizando la impregnación total de las cepas de rizobacterias utilizadas.

2. Las semillas del tratamiento 5, testigo fertilizado con NP y absoluto, sin inoculación ni fertilización, fueron desinfectadas con Rhizolex T para no sembrar sin protección a estos tratamientos. Se utilizó 4 g/kg de semilla y se impregnó previo humedecimiento para que se adhiera bien a la semilla.

3. A los 15 después de la siembra (dds), se realizó la primera aplicación foliar con el extracto de algas marinas Alga Max Super en las parcelas identificadas con las claves de los tratamientos 3, 4 y 5.

4. A los 30 dds, se realizó la segunda aplicación foliar con el extracto de algas marinas Alga Max Super en las parcelas identificadas con la clave de los tratamientos 3, 4 y 5, previo cálculo del gasto de agua.

5. A los 45 dds, se realizó la tercera aplicación foliar con el extracto de algas marinas Alga Max Super en la parcela identificada con la clave 3, 4 y 5, calibrando previamente el gasto de agua.

6. A los 60 dds, se realizó la cuarta aplicación foliar con el extracto de algas marinas Alga Max Super en las parcelas identificadas con la clave 3, 4 y 5.

7. A los 75 y 90 dds, se realizaron la quinta y sexta aplicación foliar con el extracto de algas marinas Alga Max Super, solamente en las parcelas identificadas con la clave 5, sumando seis aplicaciones foliares con este producto.

8. Momentos previos a cada aplicación foliar, se realizó la calibración del gasto de agua, según el estado fenológico del cultivo, con la finalidad de aplicar la dosis suficiente en cada parcela experimental.

### 2.4.4 Variables a evaluar

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

- Porcentaje de emergencia (%).- El porcentaje de emergencia se obtuvo de contar las plántulas por parcela, respecto del número de semillas sembradas, lo que se realizó entre 8 a 12 dds.

- Longitud de la parte aérea (cm).- Al evaluar la floración, cuando había superado el 50% de plantas con flores en cada parcela experimental, a los 72 dds se extrajeron dos plantas de cada parcela, que fueron colocadas en bolsas de plástico de primer uso (para trasladar la muestra), las cuales se encontraban debidamente rotuladas. Al extraer las plantas, se tuvo especial cuidado de recuperar todos los nódulos posibles ubicados en la raíz y los que se desprendieron por efecto de la manipulación. Cada planta extraída, se colocó en una mesa de trabajo y se

procedió a separar la parte aérea de la parte radicular con ayuda de una navaja desinfectada.

Se anotó la longitud de la parte aérea, a partir del nudo o cicatriz de los cotiledones, hasta el terminal del tallo principal, como corresponde a plantas erectas de patrón de crecimiento determinado.

- Longitud de la parte radicular.- De las mismas dos plantas extraídas, se anotó la longitud de la raíz a partir del nudo o cicatriz cotiledonal, hasta el final de la raíz principal.
- Número de nódulos por planta (unidad).- De cada una de las dos plantas extraídas, se anotó el número de nódulos, y se obtuvo el promedio respectivo. Los nódulos extraídos fueron limpiados con agua mineral y fueron colocados en sobres de papel (para completar su secado y evitar pudrición), debidamente rotulados, para su análisis posterior.
- Peso seco de la parte aérea (g).- La parte aérea de las dos plantas extraídas, se colocaron en bolsas de papel (para completar su secado y evitar pudrición), debidamente rotuladas y se llevó a estufa a 48°C por 48 horas para tomar el peso seco respectivo.
- Peso seco de la parte radicular (g).- La parte radicular de las dos plantas extraídas, se colocaron en bolsas de papel (para completar su secado y evitar pudrición), debidamente rotuladas y se llevó a estufa a 48°C por 48 horas para tomar el peso seco respectivo.
- Peso seco de nódulos por planta (g).- Los nódulos extraídos también se llevaron a la estufa para obtener el peso seco correspondiente.
- Número de vainas por planta (unidad).- En la cosecha, se extrajeron y contabilizaron las vainas secas de cinco plantas por parcela y de encontrarse alguna vaina no tan seca, también se extrajo, se contabilizó, pero se mantuvieron separadas para evitar la posible presencia de hongos por efecto de la temperatura, y se obtuvo el promedio por planta, respectivo.
- Peso de 100 granos (g).- Después de realizar la trilla de cada parcela, se obtuvieron los granos y se procedió a eliminar los granos defectuosos, dañados, etc., lo cual permitió obtener tres muestras de 100 granos secos de cada parcela. Cada muestra tomada al azar, estuvo conformada por granos representativos de la planta y parcela; procediendo al pesado respectivo, utilizando balanza de precisión, obteniendo el promedio por parcela.

- Contenido de N en el grano.- De cada parcela experimental, se tomaron 50 g de granos secos, los cuales fueron colocados en bolsas de papel, debidamente rotulados y fueron remitidos al laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía, para el análisis de Nitrógeno en el grano de cada tratamiento en estudio.
- Rendimiento por planta (g).- Todos los granos obtenidos por planta, momentos antes de ser eliminados los granos defectuosos y dañados, fueron pesados en una balanza de precisión, anotando el peso del grano seco de cinco plantas de cada parcela y obteniendo el promedio respectivo.
- Rendimiento por parcela y rendimiento total (kg $ha^{-1}$).- El rendimiento por parcela se obtuvo al pesar los granos de las plantas muestreadas y los granos de las demás plantas que quedaron en la parcela, y por regla de tres simple se obtuvo el rendimiento proyectado por unidad de superficie, expresado en kg $ha^{-1}$.

### 2.4.5 Conducción del experimento

- **Preparación del terreno**

Para la preparación del terreno destinado para la ejecución de la investigación, se realizaron las siguientes labores:

**Limpieza del campo**

Consistió en eliminar todo tipo de restos que quedaron del cultivo anterior, así como malezas y otros objetos extraños. Esta labor se realizó el 24 de abril de 2022, de manera manual y utilizando lampa.

**Aradura en húmedo**

La situación del terreno destinado para el campo experimental de la presente investigación, es que aún conservaba humedad del cultivo anterior, que fue lechuga, que también fue conducido con el sistema de riego por goteo, lo que facilitó la formación de las camas con las dimensiones adecuadas, utilizando tracción animal (arado tirado por caballo), quedando de esta manera el suelo mullido convenientemente. Las camas para la siembra del cultivo de pallar, quedaron con un ancho de 1.20 m, en la cual se podría sembrar dos hileras de pallar a un distanciamiento de 0.60 m entre ellas. Se realizó el 24 de abril de 2022.

Dadas las condiciones de humedad suficiente en el terreno, no fue necesario realizar riego de machaco.

Para conservar la humedad de las camas hasta el día de la siembra, se instalaron nuevas cintas de riego y se regó durante una hora de manera interdiaria, hasta un día antes de la siembra.

- **Demarcación del campo experimental**

  La demarcación del campo experimental se realizó el 9 de mayo de 2022, con distanciamientos que se describen en el croquis experimental. Para ello se emplearon wincha, estacas, cordel, yeso, tarjetas y plumón indeleble que permitieron delimitar los bloques del campo experimental, así como las calles, a fin de facilitar la siembra de cada parcela con los distanciamientos adecuados., quedando debidamente identificadas.

- **Inoculación de las semillas**

  La inoculación de las semillas se realizó minutos antes de la siembra, y consistió en agregar una dosis de 0.5 ml/kg de semilla con cada cepa seleccionada de *Bacillus sp.*, *Rhizobium sp.* y *Bradyrhizobium* sp. (cepa LMTR 28), de manera cuidadosa en cada tratamiento que tenía que ser inoculado. Luego se agregó agua mineral y tierra mullida en cada bolsa de plástico de primer uso donde se encontraba la semilla debidamente contada por cada tratamiento, formando una pasta pegajosa que garantizó la impregnación de las cepas de rizobacterias en las semillas de pallar. Acto seguido, las semillas quedaron en reposo por unos minutos bajo sombra, antes de proceder a la siembra.

- **Siembra**

  La siembra se realizó el 9 de mayo de 2022, utilizando lampa a primeras horas de la mañana. La semilla fue previamente seleccionada, eliminando las que mostraban daños o defectos, y, después de la inoculación se tuvo que utilizar guantes para evitar el contacto de la piel con los microorganismos que fueron aplicados durante la inoculación, así como otras medidas de seguridad correspondiente. Las semillas del tratamiento 5, testigo fertilizado y absoluto, fueron desinfectados con Rhizolex T, e igualmente, utilizando guantes para evitar el contacto con el producto químico, se procedió a la siembra. El distanciamiento entre surcos fue de 0.60 m y 0.40 m entre plantas o golpes, colocando tres semillas por golpe a una profundidad aproximada de 5 cm, tratando de que haya uniformidad en la siembra.

- **Resiembra**

  Después de la evaluación del porcentaje de emergencia, se tomó la decisión de realizar la resiembra a los 13 días después de la siembra (dds), el 22 de mayo de

2022, con la finalidad de corregir los golpes donde no hubo germinación por errores en la siembra, al colocar la semilla muy profunda o muy superficial, lo que ocasionó daños por pudrición o por sequedad, aunque en muy bajo porcentaje. Para la resiembra, la semilla recibió lo que indicaba cada tratamiento, con respecto a la inoculación con las rizobacterias.

- **Aporque**

  El aporcado se realizó con la finalidad de dar un mejor soporte a las plantas que estaban adquiriendo mayor altura. De igual manera, mullir el suelo, buscar aireación, evitar el endurecimiento y eliminar las malas hierbas.

  El aporcado se hizo con lampa, buscando siempre proteger el cultivo y evitar que la humedad llegue al cuello de planta (Tabla 6).

**Tabla 6.**

Cronograma de aporque

| N° de aporque | Fecha |
|---|---|
| 1 | 06/06/2022 |
| 2 | 20/06/2022 |
| 3 | 13/07/2022 |

- **Desahije**

  La labor de desahije se realizó el 14 de junio de 2022, o sea a los 35 dds, consistió en dejar las dos mejores plantas constituidas por golpe, con lo cual se pudo tener una población más homogénea o uniforme en todo el campo experimental.

- **Biofertilización y Fertilización**

  La biofertilización consistió en la inoculación con las rizobacterias mencionadas (*Bacillus* sp., *Rhizobium* sp. y *Bradyrhizobium* sp.), en las parcelas que el croquis experimental lo indicaba según lo planificado en la presente investigación, complementando en algunos tratamientos con la aplicación foliar del producto a base de extractos de algas marinas.

  La fertilización, consistió en aplicar NP solamente al tratamiento testigo fertilizado. Esta fertilización se realizó de forma manual a los 20 dds, o sea el 29 de mayo de 2022, utilizándose la siguiente fórmula de fertilización 40-60-00 unidades de N, $P_2O_5$ respectivamente. Las fuentes de fertilizantes empleadas fueron Urea (46% N) y Fosfato diamonico (18% N-46% $P_2O_5$), que se aplicaron en un solo momento a unos

10 cm entre plantas, teniendo cuidado para evitar las quemaduras de las plantas de pallar. No se aplicó fuente potásica.

- **Riegos**

El riego empleado fue el sistema de riego por goteo y en el diseño del sistema de riego por goteo, las cintas fueron colocadas a un distanciamiento de 0.60 m y 0.30 m entre goteros, siendo el aforo de cada gotero 0.9 L/hora.

En las etapas iniciales del cultivo, se aplicaron riegos de 40-45 minutos interdiarios, pudiendo llegar a 60 minutos en algunas ocasiones, utilizando 2,845.00 $m^3$ de agua/ha. A continuación, se detallan los riegos en forma mensual que fueron aplicados al cultivo. (Tabla 7).

**Tabla 7.**

Cronograma del sistema de riego por goteo en forma mensual

| Mes | Tiempo | Total $m^3$/ha | Procedencia |
|---|---|---|---|
| Mayo | 12 horas | 600.00 $m^3$ | Pozo |
| Junio | 10 horas | 500.00 $m^3$ | Pozo |
| Julio | 11.9 horas | 595.00 $m^3$ | Pozo |
| Agosto | 14 horas | 700.00 $m^3$ | Pozo |
| Setiembre | 9 horas | 450.00 $m^3$ | Pozo |
| Total | 56.9 horas | 2 845.00 $m^3$ | |

- **Deshierbos**

Los deshierbos se realizaron con la finalidad de evitar la competencia por luz, agua, nutrientes y espacio entre las plantas de pallar y las malezas, que se trataron de eliminar en forma frecuente, malezas de hoja ancha en forma manual y las gramíneas con lampa o pala de mano.

Las malezas que se presentaron con mayor frecuencia y agresividad en el campo experimental fueron:

| Nombre común | Nombre científico |
|---|---|
| Verdolaga | *Portulaca oleracea* |
| Grama común | *Cynodon dactilon* |
| Coquito | *Cyperus rotundus* |
| Yuyo | *Amaranthus sp.* |

Esta labor se realizó con mayor énfasis durante los primeros 40 días de edad del cultivo o etapa vegetativa, en que las plantas se encuentran en pleno crecimiento ya

que posteriormente, las plantas fueron formando mayor follaje presentando una buena cobertura, lo que ayudo a mantener bajo control algunas malezas (Tabla 8).

**Tabla 8.**

Cronograma de deshierbos

| N° de deshierbo | Fecha |
|---|---|
| 1 | 14/05/2022 |
| 2 | 06/06/2022 |
| 3 | 14/06/2022 |
| 4 | 25/07/2022 |
| 5 | 19/08/2022 |

- **Nutrición foliar complementaria**

Las aplicaciones foliares durante la conducción del cultivo de pallar en general, se realizaron de forma frecuente, estas fueron a base del producto foliar Biol durante la fase vegetativa del cultivo y productos a base de Calcio-Boro, para fortalecer la fijación de botones y garantizar el mayor porcentaje de cuajado de vainas. En las etapas reproductivas del cultivo, se fortaleció la nutrición foliar con la aplicación de micronutrientes y potasio foliar para favorecer el llenado de granos (Tabla 9).

**Tabla 9.**

Cronograma de aplicaciones foliares

| **Fecha** | **Edad del cultivo** | **Producto** | **Dosis/mochila de 20 L** |
|---|---|---|---|
| 15/06/2022 | 37 | Biol | 600 ml/ 20 L |
| 29/06/2022 | 51 | Biol | 1 L/20 L |
| 03/07/2022 | 55 | Korrector (Ca-B-Zn) | 100 ml/20 L |
| 16/07/2022 | 68 | Korrector (Ca-B-Zn) + Biol | 100 ml, 1 L |
| 27/07/2022 | 79 | Korrector (Ca-B-Zn) + Biol | 100 ml, 1 L |
| 05/08/2022 | 88 | Biol | 1 L/20 L |
| 19/08/2022 | 102 | Biol | 1.5 L/20 L |
| 29/08/2022 | 112 | Biostim K + Triomax | 100 ml, 25 ml |
| 13/09/2022 | 127 | Biostim K + Triomax | 100 ml, 25 ml |

- **Manejo fitosanitario**

Las evaluaciones fitosanitarias fueron frecuentes; con la finalidad de tener suficiente información sobre la presencia e incremento de la población de insectos perjudiciales para el cultivo de pallar; lo que permitió tomar decisiones pertinentes.

El manejo fitosanitario se desarrolló con un enfoque agro ecológico, poniendo énfasis en el manejo integrado de plagas, sobresaliendo el control etológico (cebos tóxicos, trampas cromáticas de plástico, trampas con melaza) reciclando envases de plástico, sin dejar de recurrir al control químico cuando fue necesario según evaluación realizada (Tabla 10).

En las etapas vegetativas del cultivo, primeramente, se trató de evitar daños por los gusanos de tierra; por lo que se preparó cebo tóxico como atrayente para dichos gusanos y se aplicó de manera localizada en cada golpe de siembra. Seguidamente, se trató de monitorear la presencia de adultos de lepidópteros colocando envases reciclados de plástico conteniendo melaza y agua (Tabla 10).

También se colocaron plásticos pegantes para la captura de insectos picadores chupadores; de manera tal que, se mantuvo el nivel de la población de insectos por debajo del umbral permitido para determinadas plagas (Tabla 10).

**Tabla 10.**

Cronograma del manejo fitosanitario

| Fecha | Labor | Producto utilizado | Dosis | Plagas a controlar |
|---|---|---|---|---|
| 16/05/2022 | Colocación de cebos tóxicos | Melaza, afrecho, Methomyl | 8 L, 15 Kg, 100 g | Gusanos de tierra *(Agrotis sp. y Spodoptera sp.)* |
| 25/05/2022 | Trampas con melaza | Botellas descartables, agua y melaza | 10 unidades, 4 L, 2 L. | Adultos lepidop. *(Agrotis sp. y Spodoptera sp.)* |
| 29/05/2022 | Trampas cromáticas | Plástico amarillo, temo-o-cid | 5 m, 750 ml | *Bemisia tabaci*, *Empoasca kraemeri*, *Aphis sp.* |
| 13/08/2022 | Aplicación química | Lancer (Imidacloprid) | 15 ml/20 L | *Empoasca kraemeri* |
| 26/08/2022 | Aplicación química | Bacistok *(Bacillus thuringiensis)* | 25 g/20 L | Barrenador vainas *(Laspeyresia leguminis)* |
| 1/09/2022 | Aplicación química | Lannate (Methomyl) y Kieto (Emamectin Benzoate+Lufenuron) | 20 g/20 L<br>12 g/20 L | Gusano barrenador vainas *(Laspeyresia leguminis)* |

- **Cosecha**

  La cosecha se realizó el 01 de octubre de 2022, a los 145 dds, cuando las vainas alcanzaron su madurez fisiológica y estaban iniciando su madurez de cosecha. Esta labor consistió en extraer las vainas secas de las plantas, colocándolas en bolsas de papel (para trasladar y conservar las vainas), debidamente identificadas. De ser el

caso se tuvo que separar las vainas secas y medio secas de las verdes, para tener en cuenta la contabilidad por planta, debiendo ser separadas las vainas verdes para evitar humedecer a las vainas secas, que pudieran ocasionar pudriciones fungosas; siendo cosechadas cinco plantas por unidad experimental o parcela.

Después de cosechar las plantas marcadas, se procedió a cosechar el resto de vainas de las plantas que quedaban en cada unidad experimental, siguiendo el mismo procedimiento comentando anteriormente.

Las vainas cosechadas fueron depositadas, en un área con ventilación y luminosidad suficiente para completar su secado y poder realizar la trilla.

- **Trilla**

  La trilla se realizó quince días después de la cosecha, el 16 de octubre de 2022, cuando se verifico que las vainas estuvieron suficientemente secas y ante la presión de los dedos se apreciaba un aspecto quebradizo, lo que facilitó la extracción de los granos, sin producirles daño alguno.

  La trilla fue manual y por cada tratamiento, evitando mezclas mecánicas y las semillas fueron depositadas e identificadas en sobres de papel debidamente rotulado, para proceder al pesado correspondiente.

### 2.4.6 Análisis estadísticos

Los datos de cada una de las evaluaciones realizadas, fueron analizados mediante los análisis de varianza (ANOVA) a los niveles 0,05 y 0,01 de probabilidad; a fin de determinar la significación estadística entre los tratamientos ensayados.

La prueba de comparaciones múltiple utilizada fue la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (0,05), lo que permitió establecer el orden de mérito relativo y facilitar la discusión de los resultados obtenidos.

Se presentan gráficos que permiten una mayor visibilidad comparativa de los resultados obtenidos en las variables que se consideraron más relevantes.

Todas las variables evaluadas, presentan además el promedio, el error estándar y el coeficiente de variabilidad, respectivos.

## III. RESULTADOS

Los análisis realizados de cada una de las variables evaluadas en el presente trabajo de investigación, han permitido llegar a los resultados que se exponen a continuación.

### Porcentaje de emergencia

En el cuadrado medio del análisis de varianza realizado para el porcentaje de emergencia, se observa que se ha encontrado diferencia significativa entre tratamientos, con 95% de confiabilidad, sin diferencia significativa entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 7.70% (Tabla 11).

**Tabla 11.**

Cuadrados medios de los análisis de varianza del porcentaje de emergencia, longitud de follaje y longitud de raíz en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| Fuentes de Variación | G.L | CUADRADOS MEDIOS | | | Ft | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Porcentaje de emergencia | Longitud de follaje | Longitud de raíz | 0.05 | 0.01 |
| Tratamientos | 6 | 136.752 * | 20.813 * | 8.738 NS | 2.6613 | 4.0146 |
| Bloques | 3 | 30.512 NS | 8.536 NS | 6.893 NS | 3.1599 | 5.0919 |
| Error experimental | 18 | 39.394 | 6.348 | 4.921 | | |
| Total | 27 | -- | -- | -- | | |
| S_ X | | 3.138 | 1.260 | 1.109 | | |
| C.V. (%) | | 7.70 | 4.29 | 6.80 | | |
| Promedio | | 81.55 % | 58.75 cm | 32.61 cm | | |

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (0,05), se obtuvo que los tratamientos de clave 5(Alga Max Super), 6(T NP+) y 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. + Alga Max Super), se ubicaron en el primer lugar con 91.67; 86.81 y 81.94% de emergencia, en promedio, respectivamente. En segundo lugar, se ubicaron los tratamientos de clave 1(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.), 4(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Alga Max super) y 2(Bacillus sp. + *Bradyrhizobium* sp.), con 79.86; 77.92 y 77.78% de emergencia, en promedio, respectivamente. Y en el tercer lugar se ubicó solamente el tratamiento 7(Testigo absoluto) con 74.86% de emergencia de plantas, en promedio (Tabla 12).

### Longitud de follaje

En el cuadrado medio del análisis de varianza de la longitud de follaje de la planta de pallar, se ha encontrado diferencia significativa entre tratamientos, con 95% de confiabilidad, sin diferencia significativa entre los bloques, con un coeficiente de variación de 4.29% (Tabla 11).

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se observa que seis tratamientos se ubicaron en el primer lugar, desde 4(*Bacillus* sp. +*Bradyrhizobium* sp. + Alga Max Super) con 61.25 cm, hasta 1(*Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp.) con 57.38 cm de longitud de follaje. En el segundo lugar, se ubicó solamente el tratamiento 7 (Testigo absoluto NP-) con 54.50 cm de longitud de follaje (Tabla 12, Figura 2).

**Tabla 12.**

Prueba de Rango Múltiple de Duncan de porcentaje de emergencia, longitud de follaje y longitud de raíz en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| N° | Tratamientos | Porcentaje de emergencia | | | Longitud de follaje | | | Longitud de raíz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Clave | Promedio (%) | Duncan 0.05 | Clave | Promedio (c.m) | Duncan 0.05 | Clave | Promedio (c.m) | Duncan 0.05 |
| 1 | *Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp. | 5 | 91.67 | a | 4 | 61.25 | a | 6 | 34.63 | a |
| 2 | *Bacillus* sp. + *Bradyrhiz.* | 6 | 86.81 | ab | 3 | 60.50 | a | 4 | 34.00 | a |
| 3 | (*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) + Alga Max Super | 3 | 81.94 | ab | 2 | 60.00 | a | 3 | 33.75 | a |
| 4 | (*Bacillus* sp. + *Bradyrhiz.*) + Alga Max Super | 1 | 79.86 | b | 6 | 59.25 | a | 2 | 32.13 | a |
| 5 | Alga Max Super | 4 | 77.92 | b | 5 | 58.38 | a b | 7 | 31.38 | a |
| 6 | Testigo NP + | 2 | 77.78 | b | 1 | 57.38 | a b | 1 | 31.25 | a |
| 7 | Testigo NP- | 7 | 74.86 | c | 7 | 54.50 | b | 5 | 31.13 | a |

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

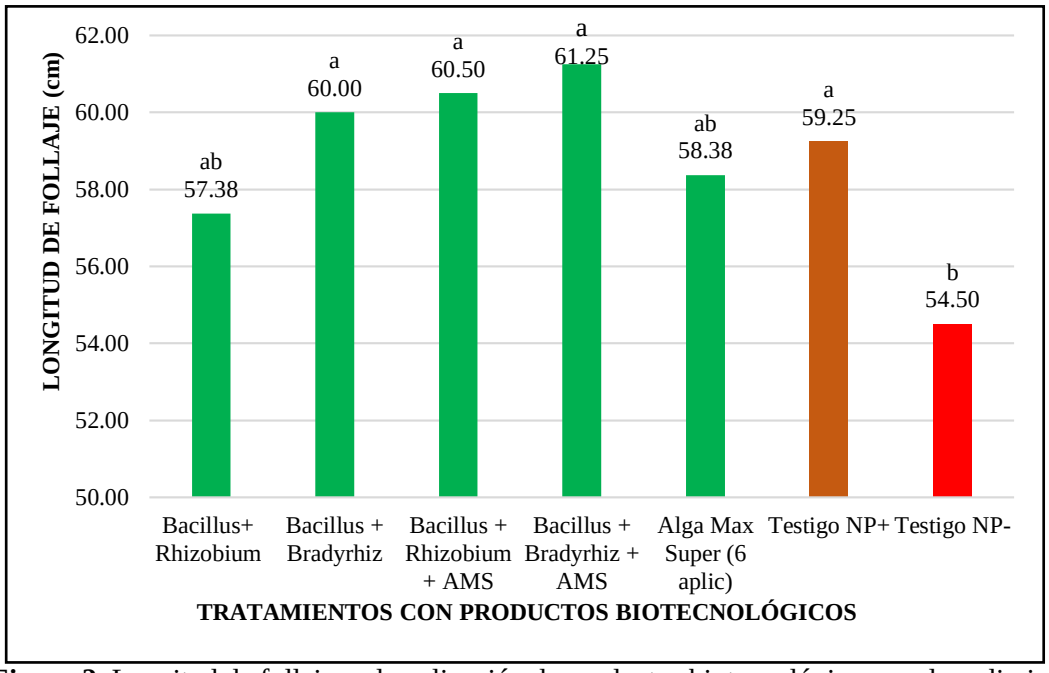


**Figura 2**. Longitud de follaje en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

**Longitud de raíz**

En el cuadrado medio del análisis de varianza realizado para la longitud de raíz de la planta de pallar, no se ha encontrado diferencia significativa entre tratamientos, ni entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 6.80 % (Tabla 11).

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 12), se corrobora la ausencia de diferencia significativa entre todos los tratamientos ensayados, presentando un rango de 34.63 cm para el tratamiento 6(Testigo NP+), hasta el tratamiento 5(Alga Max Super) que alcanzó los 31.13 cm de longitud de raíz, en promedio.

**Peso seco de follaje**

En los cuadrados medios del análisis de varianza realizado para el peso seco de follaje, se observa que se ha encontrado diferencia estadística significativa entre los tratamientos en estudio, sin diferencia significativa entre las repeticiones, y se obtuvo un coeficiente de variación de 15.50% (Tabla 13).

**Tabla 13.**

Cuadrados medios de los análisis de varianza del peso seco de follaje y peso seco de raíz en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| F de V | G.L. | CUADRADOS MEDIOS | | Ft | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Peso seco de follaje | Peso seco de raíz | 0.05 | 0.01 |
| Tratamientos | 6 | 113.2491* | 463.6853** | 2.6613 | 4.0146 |
| Bloques | 3 | 29.5815 NS | 19.5573NS | 3.1599 | 5.0919 |
| Error experimental | 18 | 39.9066 | 40.8018 | | |
| Total | 27 | -- | -- | | |
| S_ X | | 3.159 | 0.267 | | |
| C.V. (%) | | 15.50 | 11.62 | | |
| Promedio | | 40.76 g | 4.60 g | | |

NS.- No existe diferencia significativa
*.- Existe diferencia significativa (95% de confiabilidad)
**.- Existe diferencia altamente significativa (99% de confiabilidad)

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (0,05), se observa que todos los tratamientos, con excepción del testigo absoluto, se ubicaron en el primer lugar, desde el tratamiento 4(*Bacillus* sp. + *Bradyrhiz*obium sp. + Alga Max Super) con 46.94 g de peso seco de follaje por planta, hasta el tratamiento 1(*Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp.) con 37.02 g de peso seco de follaje por planta, en promedio. Solamente el testigo 7(NP-) se ubicó en el segundo y último lugar con 32.93 g de peso seco de follaje, en promedio (Tabla 14, Figura 3).

**Tabla 14.**

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de follaje y peso seco de raíz en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| Nº | Tratamientos | Peso seco de follaje | | | Peso seco de raíz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Clave | Promedio (g) | Duncan 0.05 | Clave | Promedio (g) | Duncan 0.05 |
| 1 | *Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp. | 4 | 46.94 | a | 4 | 5.23 | a |
| 2 | *Bacillus* sp. + *Bradyrhiz.* | 3 | 45.83 | a | 3 | 4.91 | a b |
| 3 | (*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) + Alga Max Super | 6 | 45.33 | a | 6 | 4.78 | a b |
| 4 | (*Bacillus* sp. + *Bradyrhiz.*) + Alga Max Super | 2 | 39.31 | a b | 2 | 4.53 | a b |
| 5 | Alga Max Super | 5 | 37.96 | a b | 1 | 4.39 | a b |
| 6 | Testigo NP + | 1 | 37.02 | a b | 5 | 4.21 | b |
| 7 | Testigo NP- | 7 | 32.93 | b | 7 | 4.15 | b |

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

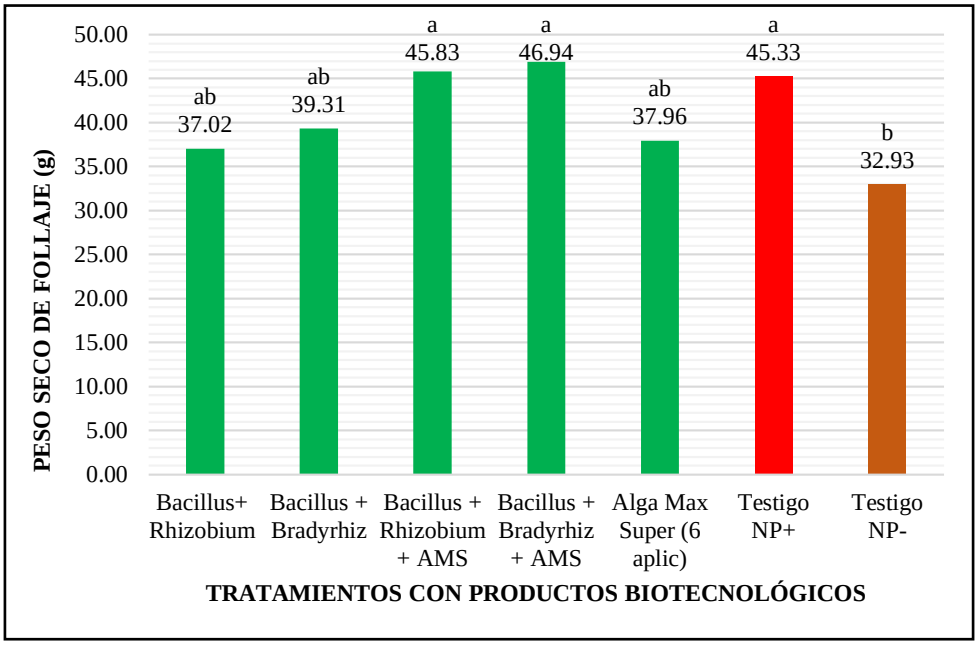


**Figura 3.** Peso seco de follaje en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

**Peso seco de raíz**

En los cuadrados medios del análisis de varianza realizado para el peso seco de la raíz, se observa que se ha encontrado diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos en estudio, sin diferencia significativa entre las repeticiones, y con un coeficiente de variación de 11.62% (Tabla 13).

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para el peso seco de raíz, se observa que cinco tratamientos, incluido el testigo fertilizado NP+, se ubicaron en el primer lugar, desde el tratamiento 4((*Bacillus* sp. + *Bradyrhiz*obium sp. + Alga Max Super) con 5.23 g/planta de peso seco de raíz, en promedio, hasta el tratamiento 1(*Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp.) con 4.39 g/planta de peso seco de raíz, en promedio. En el segundo lugar se ubicaron los tratamientos 5(Alga Max Super) y 7(NP-) con 4.21 y 4.15 g/planta de peso seco de raíz, en promedio, respectivamente (Tabla 14, Figura 4).

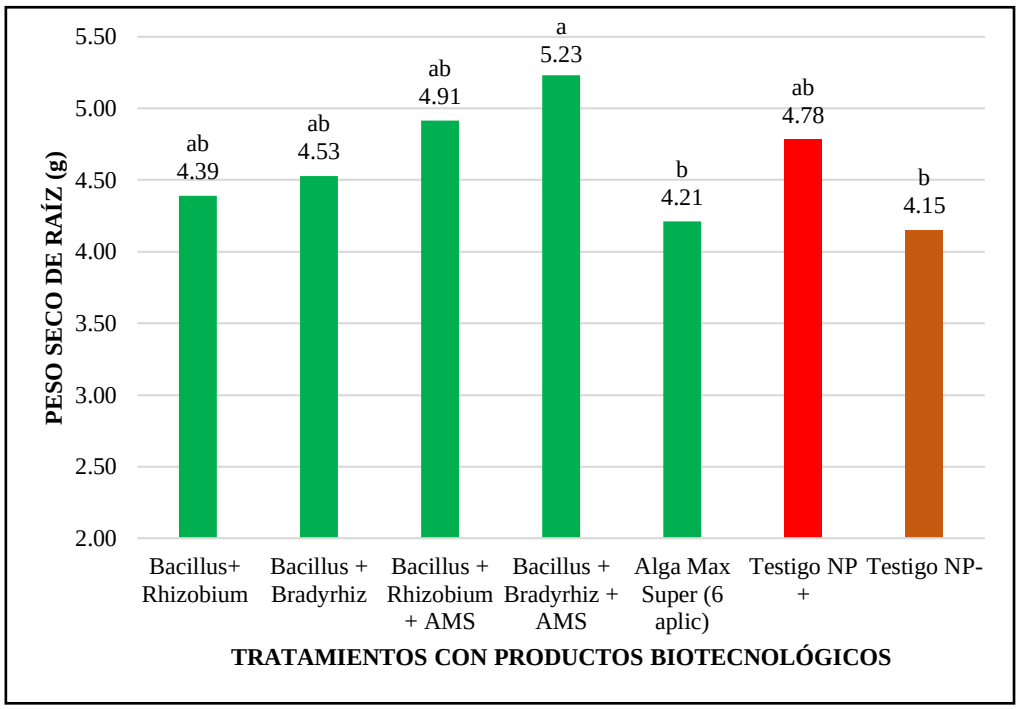


**Figura 4**. Peso seco de raíz en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

**Número de nódulos por planta**

En los cuadrados medios del análisis de varianza realizado para el número de nódulos por planta, se observa que se realizó la transformación de datos por la raíz cuadrada, de esta variable, y se ha encontrado diferencia estadística significativa con 95% de confiabilidad tanto entre los tratamientos en estudio como entre las repeticiones o bloques, y con un coeficiente de variación de 21.67% (Tabla 15).

**Peso seco de nódulos**

En los cuadrados medios del análisis de varianza realizado para el peso seco de nódulos por planta, se observa que se ha encontrado diferencia estadística altamente significativa con 99% de confiabilidad entre los tratamientos en estudio y diferencia estadística significativa con 95% de confiabilidad para las repeticiones, con un coeficiente de variación de 30.74% (Tabla 15).

**Tabla 15.**

Cuadrados medios de los análisis de varianza de la transformación del número de nódulos por planta y el peso seco de nódulos por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| F de V | G.L. | CUADRADOS MEDIOS | | Ft | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Número de nódulos por planta | Peso seco de nódulos por planta | 0.05 | 0.01 |
| Tratamientos | 6 | 2.8660 * | 0.0565 ** | 2.6613 | 4.0146 |
| Bloques | 3 | 3.6760 * | 0.0271 * | 3.1599 | 5.0919 |
| Error experimental | 18 | 0.8299 | 0.0081 | | |
| Total | 27 | -- | -- | | |
| S_ X | | 0.455 | 0.045 | | |
| C.V. (%) | | 21.67 | 30.74* | | |
| Promedio | | 19.21 nódulos | 0.29 g | | |

*.- Existe diferencia significativa (95% de confiabilidad)

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

*.- El C.V es mayor a 30 %, porque los datos de la variable peso seco de nódulo por planta son heterogéneos, variables o dispersos. Se puede recurrir a la transformación de datos para reajustar valores de la variable.

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (0,05), para el número de nódulos por planta, se observa que los tratamientos 1(*Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp.), 3((*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) + Alga Max Super)) y el testigo absoluto 7(NP-), se ubicaron en el primer lugar con 31.50, 23.0 y 22.50 nódulos por planta, en promedio, respectivamente. (Tabla 16, Figura 5).

**Tabla 16.**

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de nódulos por planta y el peso seco de nódulos en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| Nº | Tratamientos | Número de nódulos por planta | | | Peso seco de nódulos | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Clave | Promedio (u) | Duncan 0.05 | Clave | Promedio (g) | Duncan 0.05 |
| 1 | *Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp. | 1 | 31.50 | a | 3 | 0.468 | a |
| 2 | *Bacillus* sp.+ *Bradyrhizobium sp.* | 3 | 23.00 | a b | 1 | 0.406 | a |
| 3 | (*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) + Alga Max Super | 7 | 22.50 | a b | 4 | 0.361 | a b |
| 4 | (*Bacillus* sp. + *Bradyrhiz.*) + Alga Max Super | 4 | 18.25 | b | 2 | 0.265 | b c |
| 5 | Alga Max Super | 2 | 15.25 | b c | 7 | 0.194 | c |
| 6 | Testigo NP + | 5 | 13.25 | b c | 6 | 0.184 | c |
| 7 | Testigo NP- | 6 | 10.75 | c | 5 | 0.174 | c |

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

En segundo lugar, se ubicaron los tratamientos 4((*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium*.) + Alga Max Super), 2(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium sp.) y* 5(Alga Max Super – 6 aplicaciones), con 18.25; 15.25 y 13.25 nódulos por planta, en promedio, respectivamente, y, en el tercer y último lugar se ubicó el testigo fertilizado 6(NP+), con 10.75 nódulos por planta, en promedio (Tabla 16, Figura 5).

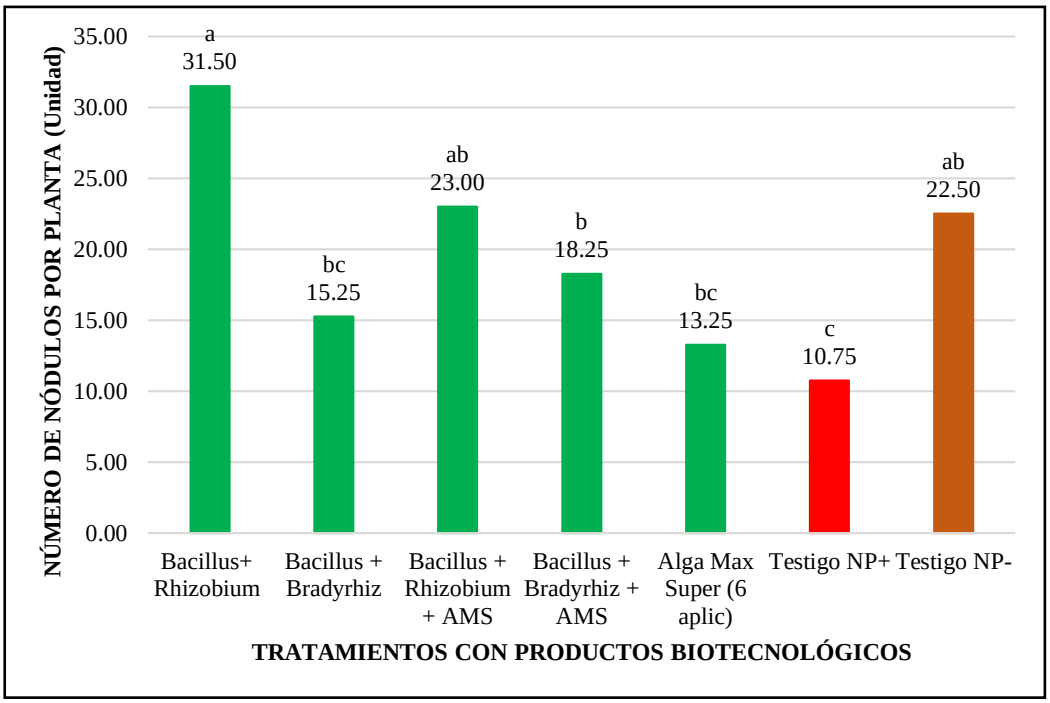


**Figura 5.** Número de nódulos por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (0,05), para el peso seco de nódulos por planta, se observa que los tratamientos 3((*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) + Alga Max Super)), 1(*Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp.), y 4((*Bacillus* sp. + *Bradyrhizo*bium sp.) + Alga Max Super)), se ubicaron en el primer lugar con 0.408; 0.406 y 0.361 g de peso seco de nódulos por planta, en promedio, respectivamente. En el segundo lugar se ubicó solamente el tratamiento 2(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) con 0.265 g de peso seco de nódulos por planta. En el tercer y último lugar se ubicaron los tratamientos 7(testigo absoluto NP-), 6(testigo fertilizado NP+) y 5(Alga Max Super – 6 aplicaciones), con 0.194; 0.184 y 0.174 g de peso seco de nódulos por planta, en promedio, respectivamente (Tabla 16).

**Contenido de Nitrógeno en el grano**

En el análisis de varianza realizado para el contenido de nitrógeno en el grano, no se ha encontrado diferencia significativa entre tratamientos; sin embargo, se ha encontrado diferencia estadística significativa con 95% de confiabilidad, entre bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 4.95% (Tabla 17).

**Tabla 17.**

Análisis de varianza del contenido de Nitrógeno en el grano en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| Fuentes de Variación | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| Tratamientos | 6 | 0.0451 | 0.0075 NS | 0.4315 | 2.6613 | 4.0146 |
| Bloques | 3 | 0.2372 | 0.0791 * | 4.5356 | 3.1599 | 5.0919 |
| Error experimental | 18 | 0.3138 | 0.0174 | | | |
| Total | 27 | 0.5962 | | | | |
| S_ X | | | 0.066 | | | |
| C.V. | | | 4.95 % | | | |
| Promedio | | | 2.67% de N | | | |

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

**Tabla 18.**

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del contenido de Nitrógeno en el grano, en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| Nº | Tratamientos | Contenido de Nitrógeno en el grano | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Clave | Promedio (%) | Duncan 0.05 |
| 1 | *Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp. | 1 | 2.75 | a |
| 2 | *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium sp.* | 5 | 2.70 | a |
| 3 | (*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) + Alga Max Super | 6 | 2.66 | a |
| 4 | (*Bacillus* sp. + *Bradyrhiz.*) + Alga Max Super | 7 | 2.66 | a |
| 5 | Alga Max Super | 2 | 2.66 | a |
| 6 | Testigo NP + | 3 | 2.65 | a |
| 7 | Testigo NP- | 4 | 2.61 | a |

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (0.05), se observa que coincidiendo con el análisis de varianza, donde no hubo diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, todos los tratamientos presentaron promedios estadísticamente similares, con un rango o variación desde 2.75% de Nitrógeno para el tratamiento 1(*Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp.), hasta 2.61% de Nitrógeno para el tratamiento 4((*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium sp*. + Alga Max Super), incluyendo ambos testigos 6(fertilizado con NP) y 7(absoluto, sin fertilización ni inoculación) con 2.66% de Nitrógeno. (Tabla 18, Figura 6).

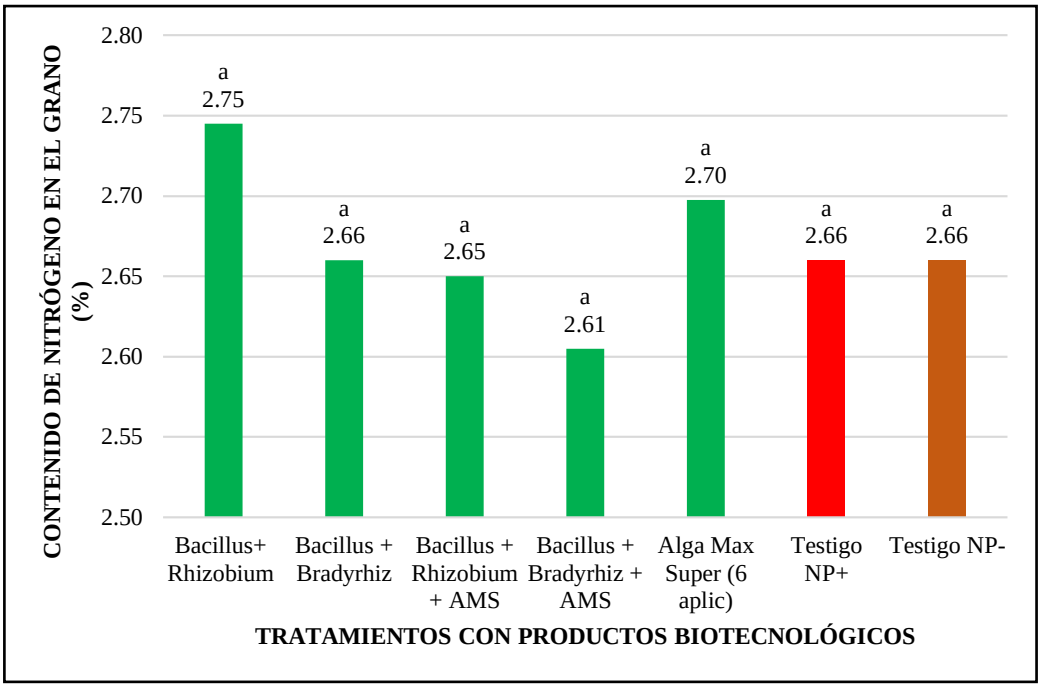


**Figura 6.** Contenido de Nitrógeno en el grano en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

**Número de vainas por planta**

En el análisis de varianza realizado para el número de vainas por planta, se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio con 95% de confiabilidad, sin diferencia significativa, entre bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 7.43% (Tabla 19).

**Tabla 19.**

Análisis de varianza del número de vainas por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| Fuentes de Variación | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| Tratamientos | 6 | 35.6607 | 5.9434 * | 3.4336 | 2.6613 | 4.0146 |
| Bloques | 3 | 0.1307 | 0.0436 NS | 0.0252 | 3.1599 | 5.0919 |
| Error experimental | 18 | 31.1574 | 1.7310 | | | |
| Total | 27 | 66.9488 | | | | |
| S_ X | | | 0.658 | | | |
| C.V. | | | 7.43% | | | |
| Promedio | | | 17.71 vainas/planta | | | |

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (0,05), se observa que en el primer lugar se ubicaron cinco tratamientos, desde 1(*Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp) con 19.21 vainas por planta, en promedio, hasta 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. + Alga Max Super) con 17.68 vainas por planta, en promedio. En el segundo lugar se ubicó el testigo absoluto 7(NP-) con 16.44 vainas por planta, en promedio y finalmente en el tercer lugar se ubicó el testigo fertilizado 6(NP+) con 15.74 vainas por planta, en promedio (Tabla 20, Figura 7).

**Tabla 20.**

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de vainas por planta, en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| Nº | Tratamientos | Número de vainas por planta | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Clave | Promedio (unidad) | Duncan 0.05 |
| 1 | *Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp. | 1 | 19.21 | a |
| 2 | *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium sp.* | 4 | 18.54 | a b |
| 3 | (*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) + Alga Max Super | 2 | 18.29 | a b |
| 4 | (*Bacillus* sp. + *Bradyrhiz.*) + Alga Max Super | 5 | 18.09 | a b |
| 5 | Alga Max Super | 3 | 17.68 | a b c |
| 6 | Testigo NP + | 7 | 16.44 | b c |
| 7 | Testigo NP- | 6 | 15.74 | c |

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

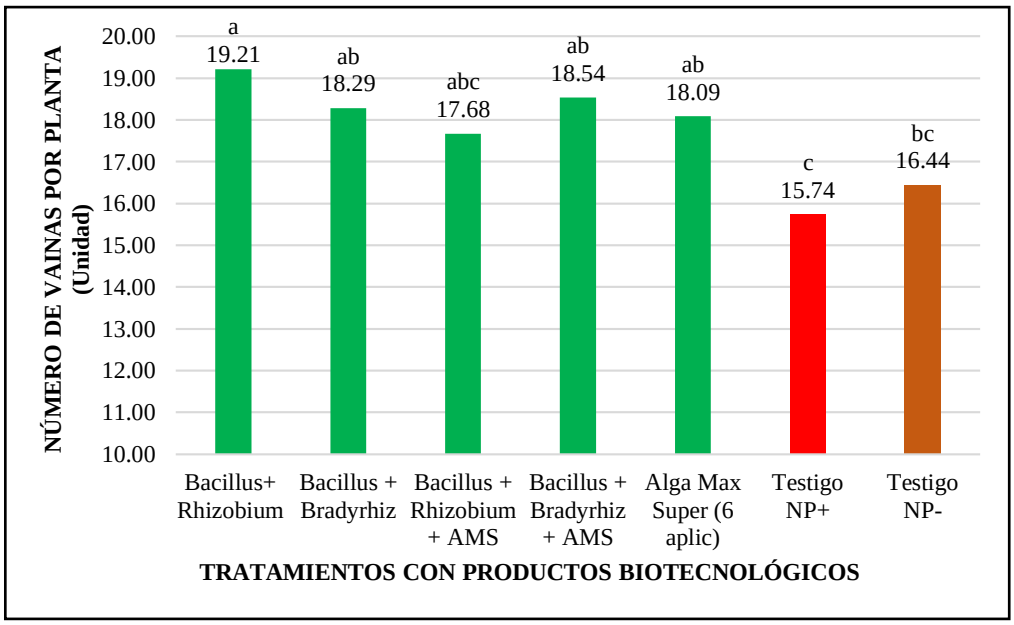


**Figura 7**. Número de vainas por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

**Peso de 100 granos**

En el análisis de varianza realizado para el peso de 100 granos, se observa que se ha encontrado diferencia altamente significativa entre los tratamientos en estudio, con 99% de confiabilidad, sin diferencia significativa, entre bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 3.12 % (Tabla 21).

**Tabla 21.**

Análisis de varianza del peso de 100 granos en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| Fuentes de Variación | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| Tratamientos | 6 | 699.9016 | 116.6503 ** | 4.5111 | 2.6613 | 4.0146 |
| Bloques | 3 | 122.2263 | 40.7421 NS | 1.5756 | 3.1599 | 5.0919 |
| Error experimental | 18 | 465.4510 | 25.8584 | | | |
| Total | 27 | 1287.5789 | | | | |
| S_ X | | | 2.54 | | | |
| C.V. | | | 3.12 % | | | |
| Promedio | | | 162.98 g | | | |

**.- Existe diferencia altamente significativa (99% de confiabilidad)
NS.- No existe diferencia significativa

**Tabla 22.**

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de 100 granos, en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| Nº | Tratamientos | Peso de 100 granos | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Clave | Promedio (g) | Duncan 0.05 |
| 1 | *Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp. | 2 | 167.74 | a |
| 2 | *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium sp*. | 5 | 167.49 | a |
| 3 | (*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) + Alga Max Super | 1 | 166.19 | a |
| 4 | (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium*) + Alga Max Super | 4 | 164.61 | a |
| 5 | Alga Max Super | 3 | 164.17 | a |
| 6 | Testigo NP + | 7 | 155.57 | b |
| 7 | Testigo NP- | 6 | 155.06 | b |

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (0,05), se observa que cinco tratamientos se ubicaron en el primer lugar, desde el tratamiento 2(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium sp*.) con

167.74 g en 100 granos, hasta el tratamiento 3((*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.+ Alga Max Super) con 164.17 g en 100 granos, en promedio. En segundo lugar, sin diferencia significativa entre ellos, se ubicaron los tratamientos testigo 7(NP-) con 155.57 g en 100 granos y 6(NP+) con 155.06 g en 100 granos, en promedio. (Tabla 22, Figura 8).

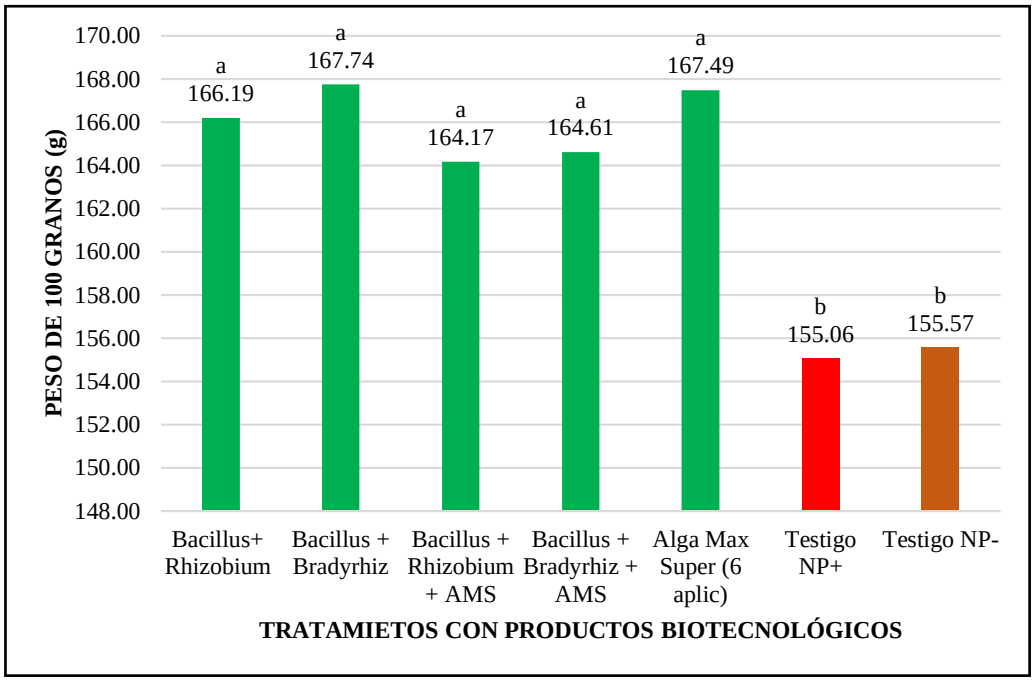


**Figura 8**. Peso de 100 granos en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

**Peso de grano por planta – rendimiento por planta**

En el análisis de varianza realizado para el peso de granos por planta, se observa que se ha encontrado diferencia altamente significativa entre los tratamientos en estudio, con 99% de confiabilidad, sin diferencia significativa, entre bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 10.58 % (Tabla 23).

**Tabla 23.**

Análisis de varianza del peso de grano por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| Fuentes de Variación | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| Tratamientos | 6 | 806.2181 | 134.3697 ** | 2.1592 | 2.6613 | 4.0146 |
| Bloques | 3 | 10.2598 | 3.4199 NS | 0.0550 | 3.1599 | 5.0919 |
| Error experimental | 18 | 1120.1469 | 62.2304 | | | |
| Total | 27 | 1936.6248 | | | | |
| $S_{\bar{X}}$ = 3.944 | | C.V.= 10.58% | | | | |
| Promedio = 74.59 g/planta | | | | | | |

**.- Existe diferencia altamente significativa (99% de confiabilidad)
NS.- No existe diferencia significativa

**Tabla 24.**

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de grano por planta, en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| Nº | Tratamientos | Peso de granos | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Clave | Rdto. (g/planta) | Rdto. kg/ha | Duncan 0.05 |
| 1 | *Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp. | 4 | 82.37 | 3,432.08 | a |
| 2 | *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium sp*. | 1 | 80.19 | 3,341.25 | a |
| 3 | (*Bacillus* sp.+*Rhizobium*) + AMS | 2 | 75.53 | 3,147.08 | a b |
| 4 | (*Bacillus* sp.+ *Bradyrhiz.* + AMS | 5 | 74.81 | 3,117.08 | a b |
| 5 | Alga Max Super (AMS 6 aplicac.) | 3 | 74.78 | 3,135.83 | a b |
| 6 | Testigo NP + | 6 | 67.47 | 2,811.25 | b |
| 7 | Testigo NP- | 7 | 66.98 | 2,790.83 | b |

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (0,05), para el peso de grano por planta o rendimiento unitario, se observa que cinco tratamientos se ubicaron en el primer lugar, siendo el tratamiento 4((*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* + Alga Max Super), 1(*Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp.), 2(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium sp*.), 5(Alga Max Super - 6 aplicaciones) y 3((*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. + Alga Max Super), que obtuvieron 82.37, 80.19, 75.53, 74.81 y 74.78 g de grano por planta, en promedio, equivalentes a 3,432.08; 3,341.25; 3,147.08; 3,117.08 y 3,135.83 kg/ha-1, respectivamente (Tabla 24, Figura 9).

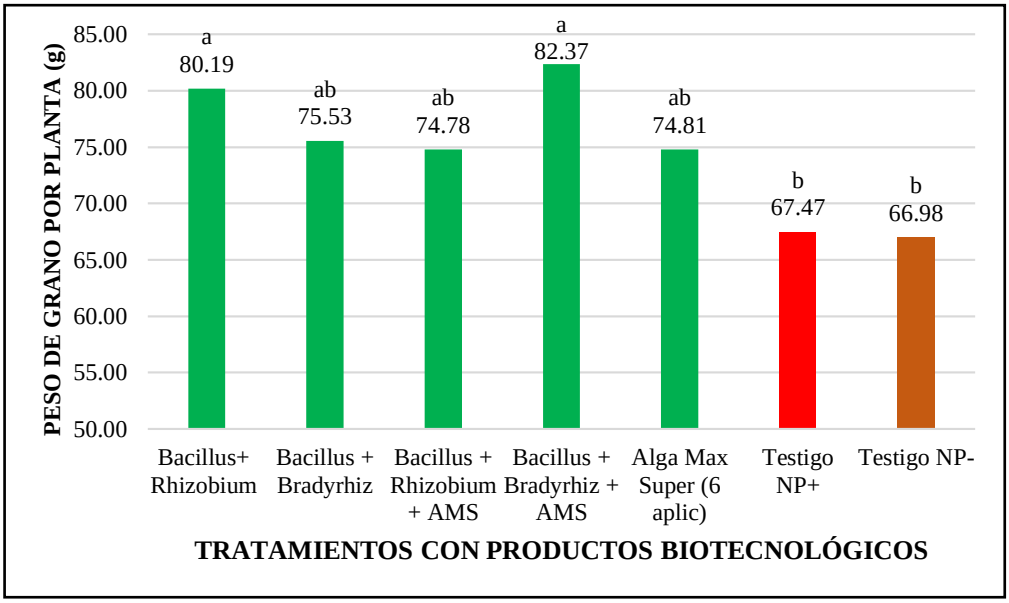


**Figura 9.** Peso de granos por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

En el segundo lugar se ubicaron los tratamientos testigos, tanto el 6(NP+) como 7(NP-) que obtuvieron 67.47 y 66.98 g de grano por planta, en promedio, equivalente a 2,811.25 y 2,790.83 kg/ha-1, respectivamente (Tabla 24, Figura 9).

En la Figura 9, se aprecia de mejor manera las diferencias alcanzadas en el peso de grano por planta o rendimiento unitario, donde todos los tratamientos aplicados con los productos biotecnológicos, superaron significativamente tanto al testigo fertilizado 6(NP+) como al testigo absoluto 7(NP-).

**Rendimiento de grano por parcela y por hectárea**

En el análisis de varianza realizado para el rendimiento de grano por parcela, no se ha encontrado diferencia estadística significativa entre los tratamientos en estudio ni entre bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 10.28% (Tabla 25).

**Tabla 25.**

Análisis de varianza del rendimiento de grano por parcela y por hectárea, en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| Fuentes de Variación | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| Tratamientos | 6 | 20936.530 | 3489.422 NS | 0.5888 | 2.6613 | 4.0146 |
| Bloques | 3 | 6967.130 | 2322.377 NS | 0.3919 | 3.1599 | 5.0919 |
| Error experimental | 18 | 106672.181 | 5926.232 | | | |
| Total | 27 | 134575.842 | | | | |
| S_ = 38.491 X | | C.V.= 10.28% | | | | |
| Promedio = 748.92 g/parcela | | | | | | |

NS.- No existe diferencia significativa

**Tabla 26.**

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del rendimiento de grano por parcela y por hectárea, en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

| Nº | Tratamientos | Rendimiento de grano | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Clave | Promedio (g/parcela) | Promedio (kg/ha) | Duncan 0.05 |
| 1 | *Bacillus* sp.+ *Rhizobium* sp. | 2 | 789.81 | 2,742.39 | a |
| 2 | *Bacillus* sp.+ *Bradyrhizobium sp.* | 1 | 777.79 | 2,700.64 | a |
| 3 | (*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) + AMS | 4 | 762.39 | 2,647.18 | a |
| 4 | (*Bacillus* sp. + *Bradyrhiz.*)+AMS | 6 | 744.88 | 2,586.37 | a |
| 5 | Alga Max Super (AMS) | 3 | 739.62 | 2,568.13 | a |
| 6 | Testigo NP + | 5 | 714.71 | 2,481.61 | a |
| 7 | Testigo NP- | 7 | 713.22 | 2,476.47 | a |

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se corrobora que no se ha encontrado diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados para el rendimiento de grano por parcela, presentando valores bastante cercanos entre ellos (Tabla 26)

En la Tabla 26, se observa que con los mejores promedios destacan los tratamientos 2, 1 y 4, con rendimientos de 789.81 g/parcela equivalente a 2 742.39 kg ha-1; 777.79 g/parcela equivalente a 2 700.64 kg ha-1 y 762.39 g/parcela equivalente a 2 647.18 kg ha-1, muy cercanos al testigo fertilizado (NP+) que obtuvo 744.88 g/parcela, equivalente a 2 586.37 kg ha-1. El tratamiento 3 obtuvo 739.62 g/parcela, equivalente a 2 568.13 kg ha-1; el tratamiento 5, obtuvo 714.71 g/parcela, equivalente a 2 481.61 kg ha-1 y el testigo absoluto (NP-) obtuvo 713.22 g/parcela, equivalente a 2 476.47 kg ha-1 (Tabla 26, Figura 10).

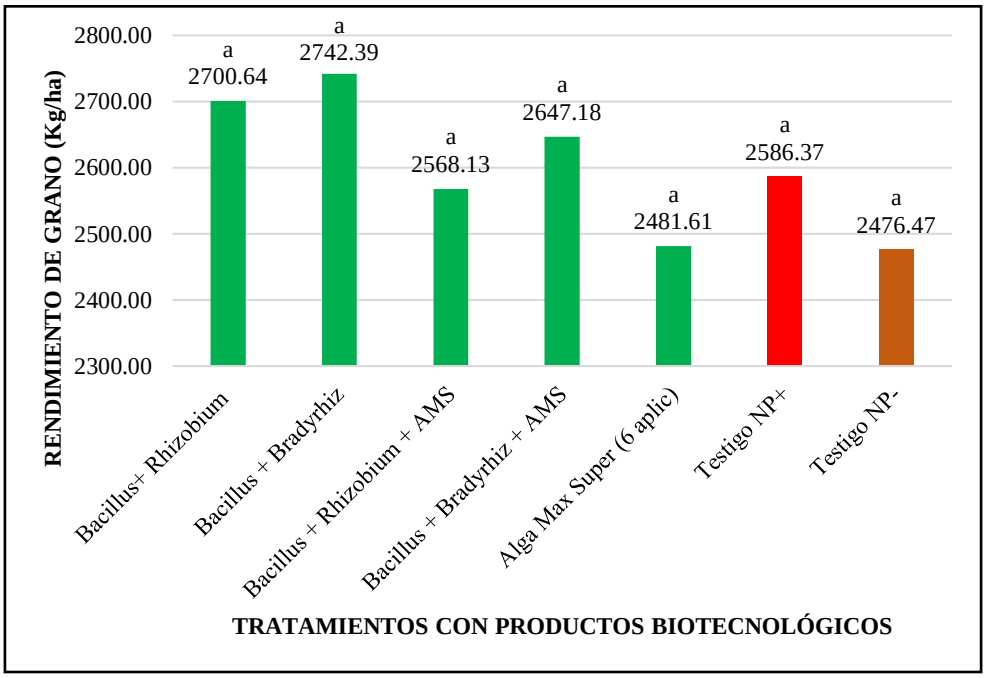


**Figura 10.** Rendimiento de grano por hectárea en la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar cultivar PPD 118-2013. Zona media del valle de Ica.

# IV. DISCUSIÓN

La realización de la presente investigación en condiciones de clima y suelo de la zona media del valle de Ica, distrito de Subtanjalla – Ica, ha permitido reunir una valiosa información empezando por la época de siembra, que debido a factores que no fue posible controlar, se llevó a cabo en la primera semana del mes de mayo, considerando que la época de siembra óptima para los genotipos de pallar de crecimiento determinado de manera tradicional, va de febrero a abril; es decir se realizó con un ligero retraso. En cuanto a las características del suelo del campo experimental, presentó una textura franco arenoso, con un importante porcentaje de limo, con una reacción ligeramente alcalina (pH), con una conductividad eléctrica muy ligeramente salina, que no significa problema para el cultivo de pallar, bajo contenido (%) de $CaCO_3$ y de materia orgánica, con una capacidad de intercambio catiónico (CIC) bajo, aunque con predominio del Calcio, que se encuentra en cantidades medias, así como el Potasio y el Magnesio; siendo por tanto un suelo de fertilidad media a baja, que requiere fertilización apropiada de acuerdo al cultivo para lograr mejores resultados en rendimiento (Tablas 1 y 2). No se puede dejar de mencionar que el cultivo de pallar no es del mismo nivel de exigencia en fertilizantes como los cereales, por ejemplo; por lo que, en el presente estudio, se ha considerado la biofertilización, a través de la inoculación cepas seleccionadas de rizobacterias; con lo cual se ha aprovechado la habilidad o capacidad simbiótica del pallar con los nódulos que forma.

Con respecto a las condiciones meteorológicas en que se desarrolló el cultivo de pallar, la siembra se realizó cuando las temperaturas medias, presentaron un promedio mensual de 19.30°C, con lo cual, la semilla pudo llevar a cabo su proceso de germinación y emergencia en condiciones normales, alcanzando muy buen porcentaje de emergencia; durante su etapa vegetativa que ocurre durante sus primeros 45 días, las temperaturas medias estuvieron en 17.16°C, lo que de alguna manera no aceleró esta etapa; pero tampoco el retraso fue significativo, considerando temperaturas adecuadas; durante la etapa reproductiva, la temperatura media presentó un promedio de 17.56°C; siendo adecuadas para la autopolinización del cultivo, ya que el pallar prefiere temperaturas de cálidas a frías en esta etapa; sin embargo, no puede pasar por alto que las temperaturas mínimas estuvieron por debajo de los 10°C, lo cual no favorece a la planta en el aspecto fisiológico, pudiendo detenerse el crecimiento y demorar un poco más el desarrollo del cultivo; lo que no fue significativo, por el corto tiempo en que se producen estas bajas temperaturas. Finalmente, las temperaturas medias fueron incrementándose paulatinamente conforme terminaba el invierno, llegando a 18.33°C en la etapa final, lo que ayudó al proceso de madurez de la vaina y la finalización del ciclo del cultivo. Las horas de sol diarias también fueron importantes para el cultivo, presentándose en rangos de 7 a 8 horas diarias en promedio; mientras que la humedad relativa

se presentó en un rango de 80 a 84% durante todo el ciclo, lo cual se considera normal para las exigencias del cultivo de pallar. (Tabla 3). En general, se considera que las condiciones fueron favorables para que el cultivo de pallar logre buen rendimiento.

Con respecto al porcentaje de emergencia, se aprecia que los tratamientos que fueron inoculados con las rizobacterias, alcanzaron alto porcentaje de emergencia, superando el 77% y llegando inclusive a superar el 91% de emergencia, lo que abona a favor de su efecto protector contra los patógenos del suelo, sin ser fungicida. Los testigos que fueron desinfectados con Rhizolex T para protegerlos de los hongos del suelo, también lograron porcentajes de emergencia entre el 75 y 87%; por lo que la resiembra fue mínima.

Las mediciones de la longitud del follaje y de la raíz, se realizaron en plena floración para determinar el efecto de los productos aplicados en estas variables; por lo que se puede decir que no se encontraron grandes diferencias; sin embargo, la mayor longitud de follaje fue para los productos biotecnológicos y el testigo fertilizado con NP, con valores de 61.25 a 57.38 cm; solamente el testigo absoluto, alcanzó el menor valor con 54.50 cm de longitud del follaje. En lo que respecta la longitud de raíz, fue bastante similar en todos los tratamientos evaluados, sin diferencia significativa entre ellos; con valores entre 34.63 y 31.13 cm (Tabla 12).

Estos valores son muy diferentes a los obtenidos por Barrientos y Guillén [12] quienes extrajeron plantas a los 40 dds, en el cultivar Precoz de Ocucaje y encontraron valores entre 35.0 y 29.40 cm de longitud de follaje, sin diferencia significativa entre todos sus tratamientos con productos biotecnológicos incluyendo ambos testigos, fertilizado y absoluto; y, en longitud de raíz, encontraron valores entre 18.60 a 13.90 cm para todos sus tratamientos, sin diferencia significativa entre ellos, incluyendo los dos testigos. De igual manera, Cullanco [13] en su trabajo de investigación coinoculando la línea de pallar precoz PPD 162-1-2013, con rizobacterias, reporta que extrajo plantas en plena floración y no encontró diferencia significativa en sus tratamientos en la longitud de follaje, con valores entre 51.48 y 49.47 cm; no reporta datos de longitud de raíz.

La longitud del follaje y la longitud de raíz de la planta de pallar, presentan diferente respuesta tanto a los diferentes productos aplicados, a los diferentes momentos evaluados, como a las diferentes épocas de siembra; datos que son referenciales; ya que el indicador más importante viene a ser el peso de la materia seca.

El peso seco de follaje y peso seco de raíz encontrados en el presente estudio, muestran que hubo una mejor respuesta del tratamiento que recibió los productos biotecnológicos, tanto la inoculación con ambas rizobacterias, como con la aplicación del extracto de algas; los cuales junto con el testigo fertilizado NP, presentaron los mejores promedios, desde 46.94 a 45.33 g de peso seco por planta, en promedio; mientras que el testigo absoluto obtuvo 32.96 g de peso

seco; siendo significativamente diferente a los tratamientos que recibieron los productos biotecnológicos en sus diferentes dosis (Tabla 14).

Barrientos y Guillén [12], reportan valores inferiores a los del presente estudio, debido a que extrajeron sus plantas antes de la etapa de floración; por lo que no es comparable con los resultados del presente estudio en que las plantas fueron extraídas en plena floración y mostraban abundante follaje. Cullanco [13], extrajo sus plantas en plena floración y reporta valores de peso seco del follaje, similares a los del presente estudio, desde 47.46 g de peso seco/planta para el testigo fertilizado con NP hasta 41.35 g de peso seco/planta para el tratamiento coinoculado con rizobacterias, superando al testigo absoluto que obtuvo 39.0 g de peso seco/planta; sin diferencia estadística entre todos los tratamientos.

El peso seco del follaje, ha mostrado una mejor respuesta para los tratamientos que recibieron los productos biotecnológicos, inclusive igualando al testigo fertilizado con NP, que lógicamente presentó también muy buena conformación del follaje de las plantas, debido a la buena nutrición recibida. Lo que es interesante destacar es que, al aplicar productos biotecnológicos de origen orgánico, las plantas logran conformar materia seca similar a las plantas que recibieron fertilización sintética, con lo cual, estaríamos comparando la biofertilización con la fertilización tradicional, y su efecto en la salud del suelo.

La evaluación del número de nódulos por planta, el peso seco de nódulos por planta y el contenido de nitrógeno son los indicadores más importantes de la respuesta de la calidad de grano de pallar a la aplicación de los productos biotecnológicos, entre los que se encuentran los inoculantes, y en el presente estudio, hay diferencia significativa para el numero de nódulos por planta, destacando el tratamiento co inoculado con *Bacillus* sp. y *Rhizobium* sp. con 31.50 nódulos por planta en promedio, los demás tratamientos presentaron un rango entre 23.0 y 13.25 nódulos por planta, entre los que se encuentra el testigo absoluto con sus nódulos de cepas nativas; siendo importante destacar que el testigo fertilizado con NP, presentó el menor valor con 10.75 nódulos por planta en promedio, tratándose también de nódulos con cepas nativas, ya que no fue inoculado con las rizobacterias, ya que al recibir NP, la planta recibió Nitrógeno sintético, disminuyendo la necesidad natural de las plantas de pallar, de realizar simbiosis con sus cepas nativas (Tabla 16).

Barrientos y Guillén [12], al extraer sus plantas a los 40 dds, solamente reportan valores entre 4.31 y 2.44 nódulos por planta, en promedio, sin diferencia significativa entre todos los tratamientos evaluados. Cullanco [13], al extraer sus plantas de pallar precoz en plena floración, reporta que en su investigación, encontró mayor cantidad de nódulos por planta que en el presente estudio, con valores desde 68.20 nódulos por planta para el tratamiento co inoculado y re inoculado con su cepa 1, hasta 23.40 nódulos por planta de su testigo absoluto.

Las diferencias mencionadas, pueden deberse a las condiciones de suelo en cuanto a textura y fertilidad donde se desarrolla el cultivo, siendo factores que influyen en el número de nódulos por planta en condiciones naturales; es decir sin inoculación artificial; expresando la real capacidad o habilidad simbiótica de la planta de pallar. Mientras que cuando se realiza la inoculación con cepas seleccionadas de rizobacterias; en realidad lo que se evalúa es la infectividad y eficiencia de dichas cepas en condiciones de clima y suelo donde se desarrolla el cultivo de pallar.

El producto cosechado del cultivo de pallar son los granos, que son los portadores de un importante porcentaje de proteínas, necesarias para la alimentación humana contribuyendo a solucionar en parte, la disminución de la desnutrición; por lo que es necesario evaluar el porcentaje de Nitrógeno en el grano, después de los estudios realizados utilizando productos biotecnológicos; y, en el presente estudio se ha encontrado que no existe diferencia significativa en el contenido de nitrógeno entre los tratamientos evaluados con valores que van de 2.75 a 2.61% de N en el grano. Barrientos y Guillén [12], reportan valores de contenido de Nitrógeno en el grano de 4.06 a 3.98%, a favor de su tratamiento *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. Cullanco [13], reporta valores entre 3.09 y 2.97% de N en el grano, sin diferencia significativa entre todos sus tratamientos; todos estos resultados, estarían indicando que la biofertilización y la fertilización, logran mantener un porcentaje de Nitrógeno similar y por ende de proteína característico del pallar; por lo que sería posible reemplazar la fertilización por la biofertilización y contribuir con la mejor salud del suelo, al evitar la contaminación con agro químicos.

Como señalan Peña y Reyes [38], la necesidad de generar cultivos limpios, con trazas mínimas o nulas de agroquímicos que afecten la salud humana a largo plazo, viene implementando el uso de los microorganismos benéficos del suelo, que promueven el crecimiento de las plantas, que pueden encontrarse en el suelo en asociaciones simbióticas o de vida libre, en interacción con las raíces de la rizosfera de las plantas.

El número de vainas por planta y el peso de 100 granos del cultivar de pallar precoz PPD 118-2013, son componentes muy importantes del rendimiento; por lo que en el presente estudio se han evaluado, encontrando que el número de vainas por planta mostró una variación entre 19.21 y 17.68 para los tratamientos aplicados con productos biotecnológicos; quedando un poco relegados los testigos con 16.44 y 15.74 vainas por planta en promedio; mientras que el peso de 100 granos hallado estuvo entre 167.74 a 164.17 g para los tratamientos con productos biotecnológicos; quedando un poco rezagados ambos testigos con 155.57 y 155.06 g en 100 granos; lo que expresa la producción de vainas y granos mejor conformados, al recibir la aplicación de los productos biotecnológicos. Las mismas variables evaluadas por Barrientos y Guillén [12], así como por Cullanco [13], difieren de los resultados del presente estudio;

fundamentalmente porque se trata de diferentes cultivares o genotipos evaluados de pallar precoz, siendo el cultivar Precoz de Ocucaje en el primer caso y el cultivar PPD 162-1-2013 en el segundo caso.

En cuanto al rendimiento de grano seco; se ha evaluado de preferencia el rendimiento unitario o rendimiento de grano por planta, que es el indicador más importante del potencial productivo de cada planta evaluada; por lo que, al cosechar las plantas marcadas de cada parcela, se procedió a tomar el peso de grano seco por planta, obteniendo el promedio respectivo del peso de grano por planta. Al aplicar las rizobacterias y el extracto de algas, se obtuvo como rendimiento unitario 82.37 g de grano seco, equivalente 3 432.08 kg ha-1, como valor máximo, hasta 74.78 g de grano seco, equivalente a 3 135 kg ha-1, también con los productos biotecnológicos; mientras que el testigo fertilizado con NP obtuvo 67.47 g de peso seco, equivalente a 2 811 kg ha-1 y el testigo absoluto obtuvo 66.98 g de grano seco, equivalente a 2 791 kg ha-1 (Tabla 24).

Barrientos y Guillén [12], utilizando rizobacterias como productos biotecnológicos, al inocular con *Rhizobium* sp. obtuvieron 82.86 g de grano seco por planta, equivalente a 3 452 kg ha-1, como el mayor valor obtenido, siendo similar al rendimiento unitario del presente estudio, y al aplicar sólo *Bacillus* sp, obtuvo un rendimiento de 74.72 g de grano seco por planta, equivalente a 3 113 kg ha-1; mientras que el testigo fertilizado y el testigo absoluto obtuvieron 3 218 kg ha-1 de grano seco, cada uno; siendo valores superiores a los del presente estudio.

Cullanco [13], también encontró rendimientos similares a los del presente estudio, con valores de 85.20 g de grano seco por planta, equivalente a 3 550 kg ha-1 de grano seco, al co inocular y reinocular las plantas con cepas a base de *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp., siendo los valores más altos, hasta 84 g de grano seco por panta equivalente a 3 500 kg ha-1 de grano seco; cabe señalar que el testigo fertilizado obtuvo un rendimiento similar; mientras que el testigo absoluto alcanzó 78.18 g de grano seco por planta, equivalente a 3 257.5 kg ha-1 de grano seco, siendo su rendimiento bastante aceptable que pueden indicar la eficiencia de las cepas nativas de rizobacterias del suelo donde se realizó la investigación.

En el presente estudio, se han tenido muy buenos resultados al utilizar las rizobacterias como inoculantes de la semilla, destacando la acción solubilizadora del fósforo del suelo y una mejor posibilidad de asimilación por las raíces de la planta, con el *Bacillus* sp., así como la acción de *Rhizobium* sp. y *Bradyrhizobium* sp, captando el Nitrógeno atmosférico y cediéndola a la planta de manera natural, biológica; coincidiendo con Fernández [3], quien señala que la inoculación se manifiesta como una alternativa biológica sustentable, ya que se aprovechan los microorganismos y sus capacidades fisiológicas, como la fijación simbiótica de nitrógeno.

La acción benéfica de las rizobacterias, se vio fortalecida con la aplicación del producto a base de extracto de algas cuyo efecto bioestimulante al contener polisacáridos, fitohormonas y micronutrientes capaces de estimular el crecimiento vegetal, favoreció la microbiota del suelo ya que, como señala Gonzáles [33], modifican ciertas propiedades de éste como la actividad enzimática, aireación y retención de agua, favoreciendo la proliferación de microorganismos como hongos micorrícicos o bacterias fijadoras de nitrógeno, lo cual se traduce en mayor número de vainas, mayor peso de granos y por ende, mayor rendimiento de grano por planta y por unidad de superficie.

Ha sido posible obtener buen rendimiento por unidad de superficie utilizando productos biotecnológicos amigables con el ambiente, de fácil manipulación; por lo tanto, se trata de una interesante alternativa innovadora de fácil adopción por los agricultores productores de pallar de las diferentes zonas de la región Ica; coincidiendo con Peña y Reyes [38], quienes señalan que es necesario generar cultivos limpios, con trazas mínimas o nulas de agroquímicos que afecten la salud humana a largo plazo, lo que se viene logrando al implementar el uso de los microorganismos benéficos del suelo, que pueden promover el crecimiento de las plantas y también evitar la infección del tejido vegetal por patógenos, estos son denominados PGPR, por sus siglas en inglés (Plant growth promoting rhizobacteria), siendo un práctica con la cual se podría lograr granos de mejor calidad y con ello, mejores precios, en beneficio de la rentabilidad del cultivo que es lo que le interesa al agricultor y en beneficio de la salud del suelo, al permitir la acción y efecto de los microrganismos benéficos del suelo, contribuyendo a la disminución de la contaminación por el uso de fertilizante nitrogenado sintético.

# V. CONCLUSIONES

Al llevar a cabo la presente investigación en condiciones edafo climáticas de la zona media del valle de Ica, distrito de Subtanjalla-Ica, y de acuerdo con los resultados obtenidos, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

5.1 La aplicación de los productos biotecnológicos tiene efecto positivo en el rendimiento y calidad de grano de pallar, cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica, aceptando la hipótesis alternante planteada para el presente estudio.

5.2 La inoculación de las rizobacterias, consistente en las cepas seleccionadas de *Bacillus* sp, *Rhizobium* sp. y *Bradyrhizobium* sp., tuvieron efecto positivo en el rendimiento de grano de pallar cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica, superando al testigo absoluto.

5.3 La aplicación del bioestimulante a base de extracto de algas marinas (Alga Max Super) tuvo efecto positivo en el rendimiento de grano de pallar cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica, superando al testigo absoluto.

5.4 La aplicación de los productos biotecnológicos mantiene la calidad del grano en cuanto al contenido de Nitrógeno, sin diferencia significativa con el testigo fertilizado NP ni con el testigo absoluto.

5.5 Utilizar la biofertilización permite lograr granos de calidad en cuanto al contenido de Nitrógeno, además de contribuir con la salud del suelo.

# VI. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y de acuerdo con las conclusiones a las que se ha llegado al realizar el presente estudio utilizando productos biotecnológicos en la zona media del valle de Ica, se plantean las siguientes recomendaciones:

6.1 Repetir la investigación en parcelas de mayor tamaño, a fin de corroborar o rectificar los resultados obtenidos en el presente estudio.

6.2 Realizar la investigación en campo de agricultores de manera participativa, a fin de lograr que el uso de productos biotecnológicos amigables con el ambiente, sea una práctica sostenible, en beneficio de la obtención de granos sanos, para la contribución con una alimentación más sana y evitar la contaminación del suelo.

6.3 Utilizar inoculantes a base de rizobacterias, como *Bacillus* sp. que solubilizan el fósforo del suelo, haciéndolo más disponible para la planta, en coinoculación con cepas seleccionadas de *Rhizobium* sp. o *Bradyrhizobium* sp., que proporcionan Nitrógeno gratuito a la planta, al capturarlo de la atmósfera a través de su capacidad simbiótica natural.

6.4 Utilizar bioestimulantes a base de extractos de algas marinas, que son de fácil obtención en el mercado agrícola, para estimular, como su nombre lo dice las funciones vitales de la planta, con lo cual es posible mejorar el producto cosechado.

6.5 Fomentar el consumo per cápita de las legumbres por su contenido proteico que contribuye con la disminución de la desnutrición, y del pallar en particular por ser el cultivo emblemático de la región Ica y el país.

6.6 Fomentar el incremento de las áreas sembradas de pallar por ser un cultivo que encaja perfectamente dentro de una agricultura sostenible.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


[1] L.M. Espinoza de A., P.A. Aquije G., F. Surco L., G. Espino T. y Y. Rojas Y. "Caracterización morfoagronómica y evaluación del rendimiento de doce genotipos de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) de granos de colores en la zona media del Valle de Ica". *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6*(1), 927-946. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1552. 2021.

[2] FAO. "Nuestras legumbres: Pequeñas semillas, grandes soluciones". Ciudad de Panamá. 292 páginas. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 2018.

[3] L. A. Fernández, "Nodulación, inoculantes y métodos de inoculación", Conicet, vol. 14, nº 84, pp. 1-3, Enero 2005. [En línea]. Disponible: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/97526/CONICET_Digital_Nro.e8509734-3fa9-4ff9-b128-033249be1547_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

[4] L. L. Morfin, "Efecto de Rhizobium etli+tropici sobre el rendimiento de frijol, variedad Icta Patriarca; Quesada, Jutiapa", Tesis de licenciatura, Fac. CCAA. Univ.Rafael Landivar Jutiapa, Guatemala, 2017. [En línea]. Disponible: http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/06/03/Morfin-Luis.pdf

[5] A. Moreno, V. García, J. Reyes, J. Vásquez, y P. Cano, "Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable". Rev. Colomb. Biotecnol, Vol. n° 1, pp. 68-72, jun. 2018. [En línea]. Disponible: http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v20n1/0123-3475-biote-20-01-68.pdf

[6] G. Bernal, A. Suarez, M. Perez, y D. Campana, «AGRIS,» 2002. [En línea]. Disponible: https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=EC2003000043

[7] E. Ramos y. D. Zuñiga, "Efecto de diferentes inoculantes sobre la actividad microbiana en la rizósfera del cultivo de pallar (*Phaseolus lunatus* var. sieva) en condiciones de campo", Ecología Aplicada, vol. 7, nº 1 y 2, pp. 132-139, Dic. 2008. [En línea]. Disponible: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162008000100016&script=sci_arttext

[8] V. Chipana, C. Clavijo, P. Medina, y D. Castillo, "Inoculación de vainita *(Phaseolus vulgaris L.)* con diferentes concentraciones de Rhizobium etli y su influencia sobre el rendimiento del cultivo", Ecología Aplicada, vol. 16, nº 2, Julio 2017. [En línea]. Disponible: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162017000200003#:~:text=Se%20determin%C3%B3%20la%20influencia%20de,con%20una%20efectividad%20de%2084.02%25

[9] F. Coaquira, A. Huaringa, y J. Juscamaita, "Inoculación con Rhizobium sp, Trichoderma sp. y aplicación de biofertilizantes sobre el rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.)", pp. 1-

12, 2020. [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/341066142_INOCULACION_CON_Rhizobium_SP_Trichoderma_SP_Y_APLICACION_DE_BIOFERTILIZANTES_SOBRE_EL_RENDIMIENTO_DE_FRIJOL_Phaseolus_vulgaris_L

[10] M. Morales, "Aplicación foliar de dos bioestimulante orgánicos en diferentes dosis para la producción de grano de soya *(glycine max l. merril)* valle del medio Piura", Tesis de licenciatura, Fac. de Agron., Univ. Nac. de Piura, Perú, 2018.

[11] N. M. Fernández y. A. F. Torres, "Efecto de diferentes productos biotecnológicos en el rendimiento de dos lineas promisorias de pallar *(Phaseolus lunatus L.)* en Guadalupe-Ica", Tesis de licenciatura, Fac. de Agron. Univ. San Luis Gonzaga, Ica, Perú, 2018.

[12] M. F. Barrientos y C. R. Guillen, "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 de Guadalupe-Ica", Tesis de licenciatura, Fac. de Agron. Univ. San Luis Gonzaga, Ica, Perú, 2016.

[13] C. R. Cullanco H. "Efecto de la coinoculacion y reinoculacion con cepas seleccionadas de rizobacterias en el rendimiento de (*Phaseolus lunatus* L.) en Subtanjalla – Ica". Tesis. Ing. Agrónomo. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica – Perú. 2021.

[14] R. Chipana y L. Contreras, "Efecto de la aplicación foliar de tres dosis de un compensador energético y tres dosis de extracto de algas marinas en el cultivo de pallar *(Phaseolus lunatus* L.), cultivar Ica 450-3-71, en la zona media del valle de Ica", Tesis de licenciatura, Fac. de Agron., Univ. Nac. San Luis Gonzaga, Ica, Perú, 2019.

[15] Agrobanco, "Asistencia técnica dirigida en el manejo y sanidad en el cultivo de pallar", 2012. Disponible en: http://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/029-a-pallar_MANEJO_SANIDAD_.pdf [Consultado: 05 may., 2023]

[16] J. Vásquez. "El cultivo de pallar". INIA. Lima, Perú, Set. pp 1-62. 2018. [En línea]. Disponible: http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/984/1/V%C3%A1squez-Cultivo_del_pallar.pdf

[17] P. Mishra & D. Dash, D. Rejuvenation of Biofertilizer for Sustainable Agriculture Economic Development Consilience. Journal of Sustainable Development, 11(1), 41-61. 2014.

[18] O. A. Grageda-Cabrera, A. Díaz-Franco, J. J. Peña-Cabriales y J.A. Vera-Nuñez. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3(6), 1261-1274. 2012.

[19] D. Labra-Cardón, L. A. Guerrero-Zúñiga, A. V. Rodríguez-Tovar, S. Montes-Villafán, S. Pérez-Jiménez y A. Rodríguez-Dorantes. Respuesta de crecimiento y tolerancia a metales

pesados de *Cyperus elegans* y *Echinochloa polystachya* inoculadas con una rizobacteria aislada de un suelo contaminado con hidrocarburos derivados del petróleo. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 28(1), 7-16. 2012.

[20] R. L. Berendsen, C. M. Pieterse & P. A. Bakker. The rhizosphere microbiome and plant health. Trends Plant Sci, 17(8), 478-486. doi:10.1016/ j.tplants.2012.04.001. 2012.

[21] C. K. Jha, & M. Saraf. Plant growth promoting Rhizobacteria ( PGPR ): a review. Journal of Agricultural Research and Development, 5(2). doi:10.13140/RG.2.1.5171.2164. 2015.

[22] M. Ahemad & M. Kibret. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. Journal of King Saud University - Science, 26(1), 1-20. doi:10.1016/ j.jksus.2013.05.001. 2013.

[23] G. A. Aguado-Santacruz, B. Moreno-Gómez, B. Jiménez-Francisco, E. García-Moya y R. E. Preciado-Ortiz. Impacto de los sideróforos microbianos y fitosideróforos en la asimilación de hierro por las plantas: Una síntesis. Revista Fitotecnia Mexicana, 35(1), 9-21. 2012.

[24] R. Esquivel-Cote, M. Gavilanes-Ruiz, R. Cruz-Ortega y P. Huante. Importancia agrobiotecnológica de la enzima ACC desaminasa en rizobacterias, una revisión. Revista Fitotecnia Mexicana, 36(3), 251-258. 2013.

[25] M. M. Ramos, "*Bacillus subtilis*: produccion de fracciones péptidicas antimicrobianas y promocion de crecimiento vegetal", Tesis para grado de maestra en ciencias en parasitología agrícola, Fac. de Agron. Univ. Autonoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, México, 2011. [En línea]. Disponible: http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4024/Ramos%20Hern%c3%a1ndez%2c%20Mar%c3%ada%20Magdalena.pdf?sequence=3&isAllowed=y

[26] L. Corrales, L. Caycedo, M. Gomez, S. Ramos, y J. Torres, "*Bacillus spp*: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos", Scielo, vol 15, n°27, jun. 2017. [En línea]. Disponible: http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v15n27/1794-2470-nova-15-27-00046.pdf

[27] T. Wang, J. M. Romero, y I. Lopez. "Rhizobium y su destacada simbiosis con plantas". Biblioweb. [En línea]. Disponible: http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap8/

[28] M. Vielma, "Caracterización de cepas autóctonas de *Bradyrhizobium* sp. aisladas de *Lupinus* spp", *Revista de la Facultad de Agronomía de Zulia,* vol. 16, nº 5, pp. 496, 2012. [En línea]. Disponible: https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26279/26904

[29] Fertilab, (2021, Octubre 26). "Bacterias fijadoras de nitrógeno del género Rhizobium".[En línea]. Disponible: https://www.fertilab.com.mx/blog/269-bacterias-fijadoras-de-nitrogeno-del-genero-rhizobium/#notas

[30] J. M. Sanchez, "Leguminosas y rhizobium: la combinación perfecta". K. Center. [En línea]. Disponible: https://kcenter.lallemandplantcare.com/es/brazil-paraguay/fundamentos/leguminosas-y-rizobium-combinacion-perfecta/#:~:text=Adem%C3%A1s%20de%20sus%20ventajas%20ecol%C3%B3gicas,carbono%20necesarias%20para%20su%20desarrollo

[31] P. Caballero, R. Ferreira, y H. Nakayama, "Caracterización morfológica de aislados nativos de *bradyrhizobium sp.* y tolerancia a condiciones de estrés", Univ. Nac. de Cuyo, Argentina, 2018. [En línea]. Disponible: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/13308/27-agroalimentos-caballero-pablo-una.pdf

[32] Mycsa, "Extractos de algas marinas". Mycsainc. [En línea]. Disponible: https://www.mycsainc.com/extracto-de-algas-marinas

[33] J. J. González, "El uso de algas marinas como bioestimulantes", Trabajo de fin de grado, Fac. de Biología, Univ.de La Laguna, San Cristóbal, España, 2022. [En línea]. Disponible:https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/29095/El%20uso%20de%20algas%20marinas%20como%20bioestimulantes.pdf?sequence=1

[34] J. Craigie (2011) Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. Journal of Applied Phycology 23: 371-393; doi:10.1007/s10811-010-9560-4

[35] Khan W, Rayirath UP, Subramanian S, Jithesh MN, Rayorath P, Hodges DM, Critchley AT, Craigie JS, Norrie J, Prithiviraj B (2009) Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. Journal of Plant Growth Regulation 28: 386-399; doi:10.1007/s00344-009-9103-x

[36] Hamed SM, El-Rhman AA, Abdel-Raouf N, Ibraheem IBM (2018) Role of marine macroalgae in plant protection & improvement for sustainable agriculture technology. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences 7: 104-110; doi:10.1016/j.bjbas.2017.08.002

[37] Agromega, "Alga Max". Agromega soluciones naturales y precisas. [En línea]. Disponible: https://www.agromega.com.pe/wp-content/uploads/pdf/FT-Alga-Max.pdf

[38] H. Peña e I. Reyes. "Aislamiento y evaluación de bacterias fijadoras de nitrógeno y disolventes de fosfatos en la promoción del crecimiento de la lechuga (*Lactuca sativa L.*)" Interciencia vol. 32 n.8. 2007.

# VIII. ANEXOS

## 8.1 ANEXO 1: DESCRIPCIÓN DEL CULTIVAR DE PALLAR PPD 118-2013.

El cultivar de pallar PPD 118-2013, es una línea que viene siendo mejorada desde el año 2013, en que se inició la selección de plantas individuales a partir de una población mezclada colectada de campos del distrito de Ocucaje, donde los agricultores productores de pallar, conservan semilla de variedades tradicionales y cultivares de actual uso comercial, de manera conjunta.

A partir del año 2013, se inició la caracterización de numerosas líneas promisorias que fueron seleccionadas por su respuesta en adaptación, caracteres morfo agronómicos, caracteres cualitativos, rendimiento unitario, tipo de grano, tipo de planta, potencial de rendimiento por unidad de superficie, entre otros.

Los principales caracteres morfoagronómicos, del cultivar de pallar PPD 118-2013 se pueden resumir en:

Sus plantas presentan patrón de crecimiento determinado; es decir, son plantas erectas, que alcanzan 63.5 cm de altura y 1,560 $cm^2$ de cobertura de follaje; su floración se inicia a los 53 días después de la siembra, el color de la flor es blanco; el número de vainas por planta va de 17 a 22, según la época de siembra, presenta vainas según su ciclo y hábito de crecimiento con dimensiones de 12 x 2.1 cm de largo y ancho, respectivamente; con predominancia de cuatro granos por vaina cuyas dimensiones son 2 x 1.5 x 0.68 cm de largo, ancho y grosor del grano, respectivamente.

Siendo un cultivar de ciclo precoz, de 122 días a la cosecha de grano seco, el tamaño del grano es pequeño, de forma circular, diferente a la característica forma arriñonada del pallar. Su peso en 100 granos es de 166 g, con un porcentaje de grano sano que supera el 85% en siembras de primavera. Su potencial de rendimiento supera los 2 500 kg ha-1, dependiendo del manejo agronómico del cultivo.

Su requerimiento de temperaturas medias acumuladas durante todo su ciclo es de 2 681°C, con un requerimiento de 1 366 unidades calóricas.

## 8.2 ANEXO 2: ANÁLISIS NEMATOLÓGICO

FERVILAB E.I.R.L.

LABORATORIO AGRÍCOLA

**INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS NEMATOLÓGICO**

**DATOS DEL SOLICITANTE**

| | |
|---|---|
| SOLICITANTE | LUIS FORONDA GAMARRA |
| PROCEDENCIA: DISTRITO | SUBTANJALLA |
| CODIGO DE LA MUESTRA | SECTOR: YANQUIZA |
| CULTIVO | -- |
| NUMERO DE MUESTRA | Uno |
| NUMERO DE EVALUACION | Primera |

**INFORMACION DEL LABORATORIO**

| | |
|---|---|
| N° EXPEDIENTE | AN-204122-830 |
| FECHA DE MUESTREO | 07-04-2022 |
| FECHA DE RECEPCION | 07-04-2022 |
| FECHA DE EMISION | 12-04-2022 |
| MUESTRA | Suelo y raíz |
| CANTIDAD DE PLANTAS MUESTREADA | --- |
| ESTADO DE LA MUESTRA | Optimo |

LA MUESTRA FUE PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE.

## 8.2 ANEXO 2: ANÁLISIS NEMATOLÓGICO…. (Continuación)

FERVILAB E.I.R.L.

LABORATORIO AGRÍCOLA

### RESULTADOS

| NEMATODOS EN EL SUELO | NUMERO DE INDIVIDUOS EN 100 cc DE SUELO |
|---|---|
| | Sector: Yanquiza |
| ***Meloidogyne sp.*** ( Endoparásito sedentario) | 12 |
| ***Aphelenchus spp.*** ( Ectoparásito) | 05 |
| ***Tylenchorhynchus sp.*** ( Ectoparásito) | 03 |
| ***Dorylaimido*** (Saprofito) | 02 |
| ***Rabditidos*** (Saprofito) | 82 |

| NUMERO DE HUEVOS DE *Meloidogyne sp.* POR g DE RAIZ | Sector: Yanquiza |
|---|---|
| | 00 |

### INTERPRETACION DE RESULTADOS

El análisis realizado en campo sin cultivo, se reporta en 100 cc de suelo, la presencia de tres nematodos Fitopatógenos; el género ***Meloidogyne sp., Aphelenchus spp. y Tylenchorhynchus sp.*** Con ligera infestación en la muestra analizada.

También se reporta la presencia de los nematodos benéficos tales como *Rhabditido* y *Dorylaimido* que no causan daño alguno al cultivo.

## 8.3 ANEXO 3: ANÁLISIS DE SUELO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**
**FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS**
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

### ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : FORONDA GAMARRA LUIS JESUS

Departamento : ICA
Distrito : SUBTANJALLA
Referencia : H.R. 76669-057C-22
Bolt.: 5112
Provincia : ICA
Predio : LUGAR AGROORGANICA
Fecha : 16/05/2022

| Número de Muestra | | | C.E. | | | | | Análisis Mecánico | | | Clase | CIC | Cationes Cambiables | | | | | Suma | Suma | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lab | Claves | pH | (1:1) | $CaCO_3$ | M.O. | P | K | Arena | Limo | Arcilla | Textural | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^+$ | $Na^+$ | $Al^{+3}+H^+$ | de | de | Sat. De |
| | | (1:1) | dS/m | % | % | ppm | ppm | % | % | % | | meq/100g | | | | | | Cationes | Bases | Bases |
| 4404 | | 7.76 | 1.15 | 1.34 | 0.53 | 10.6 | 156 | 59 | 28 | 13 | Fr. A. | 8.96 | 6.54 | 1.44 | 0.34 | 0.65 | 0.00 | 8.96 | 8.96 | 100 |

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Lab. Análisis de Suelos, Agua y Plantas LASPAF UNALM

Dr. Constantino Calderón Mendoza
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 Celular: 946 - 505 - 254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

### METODOS SEGUIDOS EN EL ANALISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. PH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 o en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
4. Calcareo total (CaC03): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono Orgánico con dicromato de potasio. %M.O.=%Cx1.724.
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO3=05M, pH 8.5
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio ($CH_3$ - $COONH_4$)N, pH 7.0
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio ($CH_3$- $COOCH_4$)N; pH 7.0
10. $Ca^{++}$, $Mg^{++}$, $Na^+$, $K^+$ cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio ($CH_3$-$COONH_4$)N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.
11. $Al^{+3}$+ $H^+$: método de Yuan. Extracción con KCl. N
12. Iones solubles:
    a) $Ca^{++}$, $Mg^{++}$, $K^+$, $Na^+$ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
    b) Cl, $Co_3^=$, $HCO_3^=$, $NO_3$ solubles: volumetría y colorimetría. $SO_4$ turbidimetría con cloruro de Bario.
    c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
    d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

**Equivalencias:**
1 ppm=1 mg/kilogramo
1 millimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro
1 miliequivalente / 100 g = 1 cmol(+)/kg
Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes
CE (1 : 1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

### TABLA DE INTERPRETACION

**Salinidad**

| Clasificación del Suelo | CE(es) |
|---|---|
| *muy ligeramente salino | <2 |
| *ligeramente salino | 2 - 4 |
| *moderadamente salino | 4 - 8 |
| *fuertemente salino | >8 |

| CLASIFICACIÓN | Materia Orgánica % | Fósforo disponible ppm P | Potasio disponible ppm K |
|---|---|---|---|
| *bajo | <2.0 | <7.0 | <100 |
| *medio | 2 - 4 | 7.0 - 14.0 | 100 - 240 |
| *alto | >4.0 | >14.0 | >240 |

**Relaciones Catiónicas**

| Clasificación | K/Mg | Ca/Mg |
|---|---|---|
| *Normal | 0.2 - 0.3 | 5 - 9 |
| *defc. Mg | >0.5 | |
| *defc. K | >0.2 | |
| *defc. Mg | | >10 |

**Reacción o pH**

| Clasificación del Suelo | pH |
|---|---|
| *fuertemente ácido | <5.5 |
| *moderadamente ácido | 5.6 - 6.0 |
| *ligeramente ácido | 6.1 - 6.5 |
| *neutro | 6.6 - 7.0 |
| *ligeramente alcalino | 7.1 - 7.8 |
| *moderadamente alcalino | 7.9 - 8.4 |
| *fuertemente alcalino | >8.5 |

**CLASES TEXTURALES**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| A | = | arena | Fr.Ar.A | = | franco arcillo arenoso |
| A.Fr | = | arena franca | Fr.Ar | = | franco arcilloso |
| Fr.A | = | franco arenoso | Fr.Ar.L | = | franco arcilloso limoso |
| Fr. | = | franco | Ar.A | = | arcilloso arenoso |
| Fr.L. | = | franco limoso | Ar.L. | = | arcilloso limoso |
| L | = | limoso | Ar. | = | arcilloso |

**Distribución de Cationes %**

| | | |
|---|---|---|
| $Ca^{+2}$ | = | 60 - 75 |
| $mg^{+2}$ | = | 15 - 20 |
| $K^+$ | = | 3 - 7 |
| $Na^+$ | = | <15 |

## 8.4 ANEXO 4: 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 : Horas de Sol**

Periodo : 2022

| | 2022 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Días | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre |
| 1 | 9.8 | 8 | 8.3 | 8.5 | N/S |
| 2 | 10.2 | 7.8 | 7.5 | 8.8 | N/S |
| 3 | 9.7 | 9.1 | 6.1 | 10.1 | N/S |
| 4 | 9.2 | 5 | 7.3 | 8 | N/S |
| 5 | 8.8 | 7.1 | 8.3 | 8.8 | N/S |
| 6 | 7.9 | 8.3 | 8.2 | 7.2 | N/S |
| 7 | 7.9 | 0 | 7.3 | 7.6 | N/S |
| 8 | 9.8 | 1.2 | 8.5 | 7.3 | N/S |
| 9 | 7.9 | 10 | 8.5 | 8.5 | 6.8 |
| 10 | 2.4 | 8.8 | 7.2 | 8.6 | 7.4 |
| 11 | 10.1 | 9.7 | 5.1 | 9.6 | 8.5 |
| 12 | 9.8 | 8.4 | 4.8 | 8.9 | 6.2 |
| 13 | 8.5 | 0 | 8 | 10.1 | 6.9 |
| 14 | 7.3 | 5.2 | 8.7 | 10.2 | 7.7 |
| 15 | 6.8 | 9 | 7.3 | 8.6 | 9 |
| 16 | 10.3 | 9.9 | 8.9 | 7.6 | 7.8 |
| 17 | 9.6 | 8.5 | 7 | 7.8 | 7.2 |
| 18 | 3.2 | 6.2 | 8.7 | 8.2 | 7.1 |
| 19 | 8.4 | 9.7 | 9.8 | 9.6 | 4.3 |
| 20 | 8 | 7.2 | 5.4 | 8.7 | 6.4 |
| 21 | 8.6 | 8 | 5.7 | 7.6 | 3.6 |
| 22 | 9.8 | 5.6 | 8.2 | 8.7 | 7 |
| 23 | 9.6 | 7.1 | 8.6 | 6.7 | 5.1 |
| 24 | 9.6 | 9.1 | 8.7 | 9.3 | 8.4 |
| 25 | 8.4 | 1.6 | 9.1 | 7.1 | 8.6 |
| 26 | 8.3 | 8.7 | 8 | 7 | 7.8 |
| 27 | 7.6 | 9.8 | 7.7 | 7.8 | 7.9 |
| 28 | 8.8 | 9.7 | 3.9 | 7.8 | 9 |
| 29 | 9.9 | 4 | 1.8 | 9.2 | 9.8 |
| 30 | 9.7 | 8.3 | 8.5 | 7.2 | 1.2 |
| 31 | 9.1 | | 6.7 | 7.4 | |

-888=no
-999=Sin
www.nl/as
S/D= sin

**INFORMACIÓN PREPARADA PARA: "LUIS JESUS FORONDA GAMARRA"**

**PARA TESIS: "Efectos de la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad del grano en el cultivar PPD 118-2013 de pallar [ Phaseolus lunatus L. precoz, en la zona media del valle de ica."**

Senamhi

**Ica, 03 de febrero del 2023**
Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

Senamhi
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

## 8.4 ANEXO 4: DATOS METEOROLÓGICOS… (CONTINUACIÓN)

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 (ºC)** **Periodo : 2022**

| | 2022 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Días | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre |
| 1 | 30.4 | 26.6 | 26.6 | 24.8 | S/D |
| 2 | 29.6 | 28 | 26 | 27.2 | S/D |
| 3 | 30.8 | 28.8 | 25.2 | 27.8 | S/D |
| 4 | 30.6 | 28.6 | 24.8 | 27 | S/D |
| 5 | 29.6 | 27.8 | 26 | 26.4 | S/D |
| 6 | 29.8 | S/D | 26 | 26.6 | S/D |
| 7 | 29.6 | S/D | 26.6 | 24.6 | S/D |
| 8 | 29.8 | S/D | 27.6 | 25.8 | S/D |
| 9 | S/D | 28.4 | 27.2 | 25.6 | 27.5 |
| 10 | S/D | 29.8 | 26.8 | 26.8 | 27 |
| 11 | S/D | 27 | 25 | 27.8 | 28 |
| 12 | 29.8 | S/D | 23.2 | 26.8 | 26 |
| 13 | 30.2 | S/D | 25.8 | 26.8 | 26.5 |
| 14 | 28.6 | S/D | 26 | 27.2 | 26 |
| 15 | 28.2 | 25.2 | 24 | 27.4 | 26.8 |
| 16 | 30 | 25.8 | 24.6 | 25.2 | 28.4 |
| 17 | 30.2 | 26 | 26.2 | 27.8 | 31 |
| 18 | 27.4 | 25 | 27.8 | 26.6 | 28.2 |
| 19 | 28.6 | 27.2 | 27.6 | 28 | 24.2 |
| 20 | 30.2 | 26.2 | 25.4 | 28.2 | 27.4 |
| 21 | 29 | 27.2 | 23.8 | 26.8 | 27.2 |
| 22 | 28 | 24 | 26.6 | 25.8 | 29.4 |
| 23 | 28.4 | 24.6 | 28 | 27.2 | 25.6 |
| 24 | 26.8 | 28 | 24.8 | 28 | 28.6 |
| 25 | 28.2 | 24.8 | 26.4 | 25.4 | 27.8 |
| 26 | 27.6 | 24.2 | 27.6 | 25 | 27.4 |
| 27 | 26.6 | 25 | 25 | 26.8 | 27.5 |
| 28 | 27 | 24.8 | 24.4 | 25 | 28 |
| 29 | 28.8 | 22 | 23.2 | 24.8 | 27.6 |
| 30 | 27 | 25.2 | 27 | 25.4 | 27 |
| 31 | 26.6 | | 26 | 25 | |

S/D= sin datos ///=no data -999=Sin Datos

**INFORMACIÓN PREPARADA PARA: "LUIS JESUS FORONDA GAMARRA"**

**PARA TESIS: "Efectos de la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad del grano en el cultivar PPO 118-2013 de pallar ( Phaseolus lunatus L. precoz, en la zona media del valle de Ica."**

**Ica, 03 de Febrero del 2023**
Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

## 8.4 ANEXO 4: DATOS METEOROLÓGICOS… (CONTINUACIÓN)

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 Mínima (ºC)** **Periodo : 2022**

| | 2022 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Días | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre |
| 1 | 13.8 | 10.4 | 8.2 | 10.4 | S/D |
| 2 | 12.4 | 7.6 | 10 | 6 | S/D |
| 3 | 11.2 | 8.8 | 7.8 | 9.2 | S/D |
| 4 | 12 | 11.6 | 7.2 | 10.6 | S/D |
| 5 | 10.8 | 13 | 9.2 | 10.4 | S/D |
| 6 | 15 | 11.6 | 9.8 | 8.8 | S/D |
| 7 | 14.8 | 11.6 | 7.6 | 11.2 | S/D |
| 8 | 11.2 | 10 | 9.8 | 10.6 | S/D |
| 9 | 14 | 8.2 | 8.4 | 7.2 | 9 |
| 10 | 9.4 | 7.4 | 8.2 | 9.2 | 6.6 |
| 11 | 7.8 | 7.8 | 10.6 | 7.8 | 9.8 |
| 12 | 9.6 | 7.2 | 9.2 | 7.8 | 7.6 |
| 13 | 10 | 8.8 | 8.4 | 6.6 | 10.6 |
| 14 | 12 | 6.2 | 10.4 | 7.2 | 10.4 |
| 15 | 12.8 | 4.6 | 10.4 | 10 | 8.4 |
| 16 | 8.2 | 6 | 11.2 | 10.2 | 9.4 |
| 17 | 8.6 | 6.6 | 9.4 | 10.4 | 9.4 |
| 18 | 12 | 8 | 7.4 | 8.2 | 10.6 |
| 19 | S/D | 4.8 | 8.8 | 6.6 | 10.8 |
| 20 | S/D | 7.8 | 8.8 | 9.8 | 10.8 |
| 21 | S/D | 5 | 11.4 | 7 | 10.6 |
| 22 | 8.8 | 6.8 | 9.2 | 6.6 | 8 |
| 23 | 7.2 | 5.2 | 6.8 | 8.8 | 8.2 |
| 24 | 7.4 | 6.2 | 8.6 | 7 | S/D |
| 25 | 7.6 | 7 | 8.2 | 9.2 | S/D |
| 26 | 6.4 | 8.2 | 9.8 | 11.8 | S/D |
| 27 | 8.2 | 10.2 | 11 | 10.2 | S/D |
| 28 | 5.2 | 8.8 | 11.6 | 9 | 9.8 |
| 29 | 5.2 | S/D | 9.4 | 10.6 | 6.8 |
| 30 | 5.4 | S/D | 11.8 | 10.2 | 9.6 |
| 31 | 6.6 | | 8.6 | 11.4 | |

S/D= sin datos mm=l/m² ###=trazas -999=Sin Datos

**INFORMACIÓN PREPARADA PARA: "LUIS JESUS FORONDA GAMARRA"**

**PARA TESIS: "Efectos de la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad del grano en el cultivar PPD 118-2013 de pallar [ Phaseolus lunatus L. precoz, en la zona media del valle de Ica."**

**Ica, 03 de febrero del 2023**
Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

## 8.4 ANEXO 4: DATOS METEOROLÓGICOS… (CONTINUACIÓN)

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 : Humedad Relativa Diaria (%)** **Periodo : 2022**

| | 2022 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Días | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre |
| 1 | 77 | 79.3 | 84.5 | 87 | S/D |
| 2 | 80 | 84.6 | 84.2 | 85 | S/D |
| 3 | 79 | 81.3 | 86.1 | 81 | S/D |
| 4 | 79 | 80.4 | 83.6 | 84 | S/D |
| 5 | 81 | 79.4 | 84.8 | 80 | S/D |
| 6 | 79 | S/D | 82.9 | 86 | S/D |
| 7 | 80 | S/D | 85.5 | 84 | S/D |
| 8 | 79 | S/D | 80.2 | 87 | S/D |
| 9 | 81 | 81.3 | 84.1 | 85 | 83 |
| 10 | 92 | 77.3 | 80.1 | 82 | 87 |
| 11 | 79 | 79.4 | 82.4 | 81 | 84 |
| 12 | 79 | S/D | 85.7 | 83 | 89 |
| 13 | 81 | S/D | 83.5 | 85 | 82 |
| 14 | 82 | 89.3 | 83.5 | 79 | 87 |
| 15 | 83 | S/D | 85.4 | 85 | 82 |
| 16 | 78 | S/D | 86.1 | 86 | 82 |
| 17 | 78 | S/D | 82.9 | 83 | 81 |
| 18 | 83 | S/D | 80.1 | 83 | 82 |
| 19 | 81 | S/D | 82.3 | 85 | 85 |
| 20 | 79 | S/D | 85.1 | 86 | 82 |
| 21 | 81 | S/D | 83 | 83 | 80 |
| 22 | 80 | S/D | 83 | 88 | 79 |
| 23 | 77 | 88.4 | 84.1 | 82 | 85 |
| 24 | 81 | 77.6 | 84.1 | 81 | 75 |
| 25 | 84 | 87.3 | 82.7 | 85 | 79 |
| 26 | 81 | 81.1 | 85.3 | 84 | 83 |
| 27 | 86 | 88.1 | 87.2 | 84 | 84 |
| 28 | 78 | S/D | 86.8 | 89 | 83 |
| 29 | 74 | S/D | 91.2 | 88 | 85 |
| 30 | 81 | S/D | 84.3 | 86 | 78 |
| 31 | 83 | | 83.4 | 86 | |

S/D= sin datos

**INFORMACIÓN PREPARADA PARA: "LUIS JESUS FORONDA GAMARRA"**

**PARA TESIS: "Efectos de la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad del grano en el cultivar PPD 118-2013 de pallar ( Phaseolus lunatus L. precoz, en la zona media del valle de Ica."**

**Ica, 03 de febrero del 2023**
Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

## 8.5 ANEXO 5: DATOS PARA LOS ANALÍSIS ESTADÍSTICOS

| PORCENTAJE DE EMERGENCIA (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Trat | I | II | III | IV |
| 1 | 86.11 | 83.33 | 72.22 | 77.78 |
| 2 | 80.56 | 77.78 | 72.22 | 80.56 |
| 3 | 97.22 | 69.44 | 75.00 | 86.11 |
| 4 | 75.56 | 75.00 | 83.33 | 77.78 |
| 5 | 86.11 | 94.44 | 91.67 | 94.44 |
| 6 | 88.89 | 86.11 | 91.67 | 80.56 |
| 7 | 77.22 | 77.78 | 72.22 | 72.22 |

| LONGITUD DE FOLLAJE (c.m) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Trat | I | II | III | IV |
| 1 | 58.00 | 58.50 | 53.00 | 60.00 |
| 2 | 59.50 | 60.50 | 59.00 | 61.00 |
| 3 | 62.00 | 63.50 | 56.50 | 60.00 |
| 4 | 65.50 | 56.00 | 61.00 | 62.50 |
| 5 | 58.00 | 59.50 | 60.00 | 56.00 |
| 6 | 56.50 | 60.50 | 58.50 | 61.50 |
| 7 | 55.00 | 54.50 | 52.00 | 56.50 |

| LONGITUD DE RAIZ (c.m) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Trat | I | II | III | IV |
| 1 | 29.50 | 32.50 | 29.00 | 34.00 |
| 2 | 28.00 | 31.00 | 34.00 | 35.50 |
| 3 | 32.00 | 33.50 | 34.00 | 35.50 |
| 4 | 34.50 | 32.50 | 35.50 | 33.50 |
| 5 | 30.00 | 35.50 | 30.00 | 29.00 |
| 6 | 33.50 | 33.50 | 36.00 | 35.50 |
| 7 | 30.50 | 34.50 | 31.50 | 29.00 |

| PESO SECO FOLLAJE (g) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Trat | I | II | III | IV |
| 1 | 32.32 | 41.90 | 27.47 | 46.41 |
| 2 | 39.05 | 45.35 | 35.71 | 37.14 |
| 3 | 45.76 | 40.08 | 47.92 | 49.56 |
| 4 | 46.03 | 45.62 | 38.46 | 57.64 |
| 5 | 35.61 | 33.17 | 50.82 | 32.24 |
| 6 | 41.06 | 49.78 | 42.00 | 48.48 |
| 7 | 34.00 | 32.35 | 32.33 | 33.05 |

| PESO SECO RAIZ (g) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Trat | I | II | III | IV |
| 1 | 3.79 | 5.03 | 3.89 | 4.85 |
| 2 | 4.94 | 5.04 | 3.95 | 4.19 |
| 3 | 5.03 | 4.75 | 4.78 | 5.10 |
| 4 | 5.56 | 4.55 | 4.90 | 5.91 |
| 5 | 3.21 | 4.48 | 4.47 | 4.69 |
| 6 | 4.38 | 5.29 | 4.41 | 5.06 |
| 7 | 4.01 | 3.84 | 4.81 | 3.95 |

| N. DE NODULOS TRANSF RAIZ C | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Trat | I | II | III | IV |
| 1 | 6.24 | 5.39 | 5.74 | 5.00 |
| 2 | 4.24 | 3.74 | 4.00 | 3.61 |
| 3 | 5.10 | 4.24 | 4.00 | 5.66 |
| 4 | 5.92 | 5.10 | 2.65 | 2.24 |
| 5 | 5.74 | 2.45 | 2.24 | 3.00 |
| 6 | 3.74 | 4.00 | 2.83 | 2.24 |
| 7 | 5.74 | 3.74 | 3.74 | 5.39 |

**8.5 ANEXO 5: DATOS PARA LOS ANALÍSIS ESTADÍSTICOS……(Continuación)**

| PESO SECO NODULOS (g) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Trat | I | II | III | IV |
| 1 | 0.45 | 0.27 | 0.46 | 0.46 |
| 2 | 0.43 | 0.28 | 0.23 | 0.13 |
| 3 | 0.72 | 0.29 | 0.40 | 0.47 |
| 4 | 0.33 | 0.42 | 0.46 | 0.25 |
| 5 | 0.29 | 0.16 | 0.15 | 0.10 |
| 6 | 0.24 | 0.15 | 0.19 | 0.16 |
| 7 | 0.22 | 0.17 | 0.17 | 0.22 |

| VAINAS TOTALES | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Trat | I | II | III | IV |
| 1 | 20.80 | 17.16 | 19.40 | 19.49 |
| 2 | 17.00 | 18.16 | 18.00 | 19.99 |
| 3 | 16.40 | 17.82 | 18.32 | 18.16 |
| 4 | 18.93 | 19.40 | 17.66 | 18.16 |
| 5 | 18.20 | 18.60 | 19.16 | 16.40 |
| 6 | 17.60 | 14.60 | 16.16 | 14.60 |
| 7 | 15.80 | 18.20 | 15.16 | 16.60 |

| PESO DE 100 GRANOS (g) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Trat | I | II | III | IV |
| 1 | 173.99 | 156.91 | 165.40 | 168.47 |
| 2 | 164.25 | 167.13 | 173.37 | 166.21 |
| 3 | 162.18 | 159.25 | 160.38 | 174.88 |
| 4 | 158.10 | 163.53 | 166.07 | 170.73 |
| 5 | 164.97 | 164.05 | 170.27 | 170.65 |
| 6 | 155.32 | 157.61 | 150.03 | 157.29 |
| 7 | 152.92 | 161.48 | 150.20 | 157.67 |

| PESO DE GRANO POR PLANTA (g) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Trat | I | II | III | IV |
| 1 | 88.56 | 83.95 | 69.93 | 78.33 |
| 2 | 73.09 | 71.33 | 69.35 | 88.33 |
| 3 | 62.64 | 74.05 | 77.41 | 85.00 |
| 4 | 84.70 | 77.09 | 80.20 | 87.50 |
| 5 | 70.48 | 74.69 | 82.05 | 72.00 |
| 6 | 77.94 | 68.33 | 65.61 | 58.00 |
| 7 | 65.97 | 70.90 | 72.04 | 59.00 |

| CONTENIDO DE N (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Trat | I | II | III | IV |
| 1 | 2.66 | 2.77 | 2.86 | 2.69 |
| 2 | 2.35 | 2.74 | 2.69 | 2.86 |
| 3 | 2.44 | 2.72 | 2.86 | 2.58 |
| 4 | 2.63 | 2.58 | 2.55 | 2.66 |
| 5 | 2.66 | 2.58 | 2.97 | 2.58 |
| 6 | 2.66 | 2.46 | 2.80 | 2.72 |
| 7 | 2.41 | 2.66 | 2.88 | 2.69 |

| RENDIMIENTO POR PARCELA (g) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Trat | I | II | III | IV |
| 1 | 748.46 | 947.39 | 767.93 | 647.36 |
| 2 | 766.19 | 788.66 | 749.45 | 854.93 |
| 3 | 685.19 | 751.55 | 661.65 | 860.10 |
| 4 | 741.36 | 790.19 | 786.00 | 732.00 |
| 5 | 652.88 | 798.13 | 746.71 | 661.10 |
| 6 | 759.24 | 714.43 | 708.72 | 797.11 |
| 7 | 792.85 | 633.56 | 741.04 | 685.44 |

## 8.6 ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO

**Figura 11.** Instalación de cintas de riego en campo experimental

**Figura 12.** Siembra

**Figura 13.** Emergencia de plantas

**Figura 14.** Extracto de algas

**Figura 15.** Aplicación foliar de extracto de algas

**Figura 16.** Trampa cromática

**ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO…….……. (Continuación)**

**Figura 17.** Floración y cuajado de vainas

**Figura 18.** Llenado de grano

**Figura 19.** Maduración de vainas

**Figura 20.** Maduración de cosecha

**Figura 21.** Cosecha de pallar PPD 118-2013

**Figura 22.** Trilla de pallar PPD 118-2013

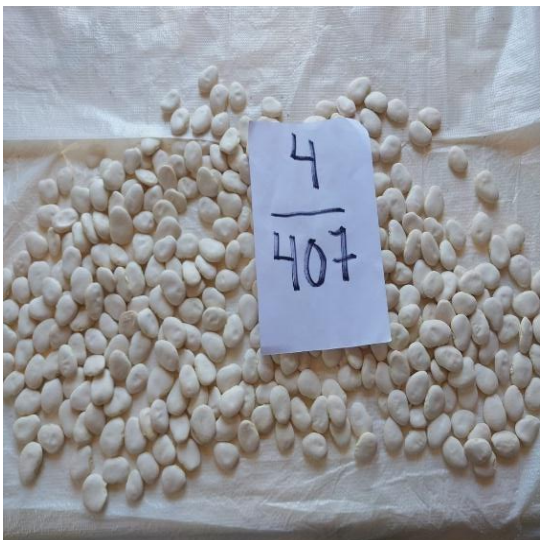


**Figura 23.** Grano de pallar PPD 118-2013