



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

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

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



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



CONSTANCIA DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD 2026

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

Respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas marinas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar (*Phaseolus lunatus L.*), Precoz en la zona baja del valle de Ica.

Presentado por:

GONZALO DIAZ ETSON VIDAL

Graduado del nivel Pregrado de la Facultad de Agronomía. El resultado obtenido es 13% de similitud (Trece 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 procede 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, 09 de marzo del 2026.

Dr. FELIX GUILLERMO FUENTES QUIJANDRIA
Director de la Unidad de Investigación
Facultad de Agronomía

CARMINA PAOLA DONAYRE ESPINOZA
Operador del Programa Informático iThenticate

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICE RECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE AGRONOMIA



Respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas marinas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar (*Phaseolus lunatus* L.), Precoz en la zona baja del valle de Ica.

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

INFORME FINAL DE TESIS

GONZALO DIAZ, ETSOVIDAL

Para Optar el Título de

INGENIERO AGRÓNOMO

Ica – Perú

2026

DEDICATORIA

A DIOS:

Por haberme dado la fuerza, sabiduría y perseverancia para culminar esta importante etapa de mi vida.

A mi esposa Miriam Choque García:

Por su constante apoyo, amor y motivación para seguir adelante y lograr mi titulación.

A mi madre Susana Díaz Cahuay y a mi padre Ernesto Ruiz López,

Por su guía, comprensión y respaldo incondicional.

A la memoria de mi padre Vidal Gonzalo Ancco:

Que, desde el cielo continúa iluminando mi camino.

A mi tío Efraín Pérez Cahuaya:

Por su apoyo y confianza permanente.

A mis hermanos Margot Susy Gonzalo Díaz y Caleb Díaz Atoccsa:

Por el cariño y motivación brindada en todo momento.

A mi suegro Silvio Choque Rodríguez:

Por su apoyo y constante aliento.

AGRADECIMIENTOS

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

A la Facultad de Agronomía y a todos los docentes que, con su vocación y conocimiento, contribuyeron a mi formación académica y personal.

Mi especial agradecimiento al Ing. Agrónomo Magister Guillermo Espino Tipismana, Asesor de la presente tesis, por su orientación, confianza, recomendaciones y valioso apoyo durante el desarrollo de la investigación.

A la Ing. Ph. D. Luz Marina Espinoza de Arenas, por sus sabias enseñanzas, exigencia académica y valiosas sugerencias que enriquecieron de manera significativa este trabajo.

A mi colega Jean Edwin Villagaray Chumbe, por el compañerismo y apoyo mutuo durante esta etapa académica.

A la familia Villagaray Chumbe, por su apoyo y consideración durante el proceso de investigación.

A mis amigos y compañeros, quienes, con sus palabras de ánimo, orientación y apoyo, contribuyeron de manera directa e indirecta a la culminación de este trabajo.

Finalmente, a mi familia, por ser la razón y motor de cada uno de mis logros.

INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
Carátula	i
Dedicatorias	ii
Agradecimientos	iii
Índice general	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	01
1.1 Descripción de la realidad problemática	02
1.2 Antecedentes de la investigación	04
1.3 Justificación e Importancia de la investigación	12
1.4 Objetivos de investigación	13
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	14
2.1 Tipo y Nivel de la investigación	14
2.2 Población y Muestra del estudio	14
2.3 Diseño de la investigación	14
2.4 Ubicación del campo experimental	14
2.5 Análisis del suelo	14
2.6 Observaciones meteorológicas	15
2.7 Tratamientos en estudio	16
2.8 Diseño experimental	17
2.9 Características del campo experimental	17
2.10 Metodología de la aplicación de los tratamientos	18
2.11 Conducción del experimento	19
2.12 Variables evaluadas	24
2.13 Procesamiento de la información	25
III. RESULTADOS	26
IV. DISCUSIÓN	37
V. CONCLUSIONES	44
VI. RECOMENDACIONES	45
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
VIII. ANEXOS	51

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1:	Análisis Físico – mecánico del Suelo	15
Tabla 2:	Análisis químico del suelo	15
Tabla 3:	Observaciones meteorológicas de setiembre 2023 a enero 2024	16
Tabla 4:	Tratamientos en estudio	16
Tabla 5:	Cronograma de cultivo y deshierbos	20
Tabla 6:	Cronograma de manejo fitosanitario del cultivo de pallar	20
Tabla 7:	Cronograma de aplicaciones foliares	22
Tabla 8:	Cronograma de aplicaciones de riego	23
Tabla 9:	Análisis de varianza de la longitud de la parte aérea en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	26
Tabla 10:	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte aérea en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	26
Tabla 11:	Análisis de varianza de la longitud de la parte radicular en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	27
Tabla 12:	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte radicular en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	27
Tabla 13:	Análisis de varianza del número de nódulos por planta en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	28
Tabla 14:	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de nódulos por planta en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	28
Tabla 15:	Análisis de varianza del peso seco de la biomasa aérea por planta en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	29
Tabla 16:	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la biomasa aérea en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	29
Tabla 17:	Análisis de varianza del peso seco de la biomasa radicular por planta en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	30

Tabla 18:	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la biomasa radicular por planta en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	30
Tabla 19:	Análisis de varianza del número de vainas por planta en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	31
Tabla 20:	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de vainas por planta en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	31
Tabla 21:	Análisis de varianza del peso de 100 granos en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	32
Tabla 22:	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de 100 granos en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	32
Tabla 23:	Análisis de varianza del contenido de nitrógeno en el grano en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	33
Tabla 24:	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del contenido de nitrógeno en el grano en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	33
Tabla 25:	Análisis de varianza del peso de grano por planta en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	34
Tabla 26:	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso grano por planta en respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.	34

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Distribución de los tratamientos en el croquis experimental	18
Figura 2: Rendimiento de grano seco estimado por unidad de superficie	35
Figura 3: Riego de machaco por inundación	
Figura 4: Demarcación del campo experimental	
Figura 5: Aplicación del riego	
Figura 6: Aplicación fitosanitaria	
Figura 7: Manejo fitosanitario y riego	
Figura 8: Aplicación de biol	
Figura 9: Plantas en plena floración	
Figura 10: Evaluación de nódulos	
Figura 11: Aplicación de nutriente foliar	
Figura 12: Aplicación fitosanitaria	
Figura 13: Cosecha de plantas marcadas	
Figura 14: Evaluación de vainas	
Figura 15: Evaluación de granos	

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas marinas en el rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz, se planificó la presente investigación en la zona baja del valle de Ica, distrito de Santiago, provincia y departamento de Ica, probando seis tratamientos: Rizobacterias (*Bacillus* sp + *Bradyrhizobium* sp.) solas o combinadas con extracto de algas marinas, con dosis baja 20-20-20 de NPK, Extracto de algas marina solo, testigo fertilizado con NPK y testigo absoluto, con cuatro repeticiones, según el Diseño de Bloques Completos al Azar, en siembra de setiembre, en un suelo de textura franco arenoso, con temperaturas en ascenso. Los resultados indican que, en la longitud y peso seco de la parte aérea y radicular de la planta, los mayores promedios fueron para las combinaciones; todos los tratamientos presentaron nódulos, destacando el tratamiento combinado que fue inoculado junto con el testigo absoluto que no fue inoculado; en el número de vainas por planta y el peso de 100 granos, todos los tratamientos superaron significativamente al testigo absoluto; en el rendimiento, los tratamientos inoculados con rizobacterias, solos o combinados superaron significativamente al testigo absoluto con valores de 78.02, 76.48 y 74.77 g de grano por planta, equivalentes a 2,438.13; 2,390.00 y 2,336.56 kg ha⁻¹ de grano seco, respectivamente; mientras que el testigo absoluto obtuvo 57.26 g de grano por planta, equivalente a 1,789.38 kg ha⁻¹ de grano seco. Se concluye que los productos utilizados influyeron positivamente en el rendimiento del pallar Precoz.

Palabras clave: *Phaseolus lunatus*, rizobacterias, extracto de algas, pallar precoz

ABSTRACT

In order to evaluate the response of rhizobacteria and seaweed extracts to the application of rhizobacteria on the yield and morpho-agronomic variables of early-maturing lima beans, this research was planned in the lower Ica Valley, Santiago district, Ica province and department. Six treatments were tested: rhizobacteria (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) alone or combined with seaweed extract, with a low NPK dose of 20-20-20, seaweed extract alone, a control fertilized with NPK, and an unfertilized control. Four replicates were used in a Randomized Complete Block Design, with planting in September in a sandy loam soil under rising temperatures. The results indicate that the highest averages for shoot and root length and dry weight were observed in the combination treatments. All treatments exhibited nodules, with the combined treatment, inoculated along with the unfertilized control, showing the most significant development. In terms of the number of pods per plant and the weight of 100 grains, all treatments significantly outperformed the control. Regarding yield, the treatments inoculated with rhizobacteria, alone or in combination, significantly outperformed the control, with values of 78.02, 76.48, and 74.77 g of grain per plant, equivalent to 2,438.13, 2,390.00, and 2,336.56 kg ha⁻¹ of dry grain, respectively. The control yielded 57.26 g of grain per plant, equivalent to 1,789.38 kg ha⁻¹ of dry grain. It is concluded that the products used positively influenced the yield of the early lima bean

Keywords: *Phaseolus lunatus*, rhizobacteria, seaweed extract, early lima bean

I. INTRODUCCIÓN

Atender la demanda poblacional creciente produciendo cada vez mayor cantidad de alimentos es una necesidad apremiante; por lo que producir alimentos que contengan proteínas como las leguminosas, específicamente el pallar, es aún mucho más importante.

El pallar, por el rol que juega en la seguridad alimentaria es uno de los más importantes cultivos reconocido como la menestra bandera representativa de la región Ica; por las excelentes cualidades culinarias y gastronómicas ampliamente demostradas que le hicieron merecedor de la denominación de origen “Pallar de Ica”, siendo un cultivo que se adapta a las condiciones medio ambientales, inclusive bajo condiciones de estrés hídrico, por lo que es un producto preferido por los agricultores de la Región, debido a la tradición de su consumo. [1], [2].

Con respecto a la alimentación, el pallar realiza un valioso aporte con un importante porcentaje de proteínas y aminoácidos que proporciona a la alimentación humana; y como cultivo aporta a la conservación del suelo a través de su habilidad simbiótica con los rizobios los cuales le proveen de Nitrógeno captado de la atmósfera, con lo cual se disminuye significativamente el uso de este fertilizante o se prescinde de él. Por otro lado, otros microorganismos benéficos como algunas cepas de *Bacillus* spp., conocidos como promotores del crecimiento vegetal también cumplen una importante función con lo cual también pueden contribuir con la disminución del uso de fertilizantes sintéticos fosfóricos que solubilizan este elemento, incrementando su disponibilidad para la planta.

Otros productos que también están aportando experiencias innovadoras son los extractos de algas marinas que son bioestimulantes de 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, esteroides, betaínas, vitaminas, macro y microminerales [3].

Existe un conjunto de factores limitantes por los cuales las instituciones del Estado involucradas con la agricultura familiar o el sector agrario en general, no están considerando al pallar dentro de la lista de cultivos prioritarios para realizar investigaciones aplicadas de rápidos impactos en la solución de problemas locales o nacionales; entonces, es la Academia la que puede considerarlo como cultivo prioritario por sus diversas bondades ampliamente mencionadas en diversos aspectos como alimento y como cultivo.

La presente investigación plantea aportar a la agricultura sostenible evaluando el efecto de algunos productos biotecnológicos en campo de agricultores ubicado en una zona productora de pallar, con la finalidad de que los agricultores participen de manera progresiva en la utilización de productos biotecnológicos y de esta manera se facilite la adopción de estas nuevas tecnologías con prácticas sostenibles para lograr que sus productos cosechados sean de mejor calidad y con ello aspirar a mejores precios.

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

El pallar es una especie muy apreciada por la población de la región Ica y el país en general; porque es una menestra nativa, con variedades tradicionales en manos de los agricultores y cultivares mejorados que hace bastante tiempo no han sido renovados; es un cultivo adaptado a las condiciones de clima y suelo de esta parte de la costa peruana; que es una zona desértica con escaso recurso hídrico; con temperaturas bien diferenciadas en el día y en la noche; por lo que muchos cultivos progresan en dichas condiciones ambientales.

La FAO [4], reconoce que la biotecnología agrícola puede contribuir a elevar la producción en este sector y el uso de inoculantes biológicos, incluye la selección y multiplicación de microorganismos benéficos para las plantas, tanto de aquellos que protegen a la planta contra el ataque de diversas plagas, como de aquellos que le proporcionan nutrientes.

Cada vez es más evidente la importancia que los microorganismos del suelo tienen en el ciclo de los nutrientes y su papel en la nutrición vegetal, siendo de notable importancia los que participan en la solubilización de fosfatos, pues hacen más eficiente el uso del fósforo del suelo por las plantas, que generalmente son inaccesibles.

1.1.1 Situación problemática

El problema fundamental es que a pesar del avance de la tecnología en diversos aspectos, aún existe un gran desconocimiento a nivel de profesionales, técnicos vinculados al sector agrario y con mayor razón a nivel de los agricultores, de la existencia de cepas de bacterias o microorganismos benéficos que en simbiosis u otro tipo de asociación con la raíz del pallar, provee de nutrientes como N y P, permitiendo disminuir el uso de fertilizantes nitrogenados y fosfóricos, con lo cual se contribuiría con la conservación del ambiente y con la reducción del costo en el rubro de fertilizantes, de manera significativa; por lo tanto, también se impide obtener productos cosechados, rentables, más sanos y saludables.

La situación problemática que aborda el presente estudio, se refiere a que las variedades tradicionales y cultivares mejorados de pallar, son estacionales; es decir, se siembran una vez al año; de febrero a abril, coincidiendo las temperaturas cálidas con la etapa de siembra, germinación y primeras etapas de su crecimiento; de modo que su etapa reproductiva coincide con la etapa de bajas temperaturas, necesarias para un buen cuajado del fruto y menor presencia de plagas; finalmente la etapa de madurez de vainas y cosecha, coincide nuevamente con el ascenso de las temperaturas, lo que favorece el secado de los granos; en consecuencia, sólo se dispone de los granos de esta menestra el último trimestre del año.

Las siembras posteriores a las indicadas conllevan a disminución de los rendimientos; lo cual no conviene a los agricultores. Entonces, es necesario probar cultivares en condiciones diferentes a las tradicionales que toleren condiciones climáticas más

complejas, con la ayuda de productos biotecnológicos desarrollados para superar algunos estreses como el efecto térmico y la escasa humedad, pero el inconveniente o situación problemática es el escaso conocimiento sobre la existencia y funcionamiento de dichos productos, por falta de una transferencia de nuevas tecnologías de manera oportuna.

Siendo un problema la insuficiente información acerca del comportamiento del cultivo del pallar frente a la aplicación de productos biotecnológicos como el extracto de algas marinas y rizobacterias, así como los efectos que estos generan sobre la producción y productividad; sobre todo en siembras de temporada de primavera.

1.1.2 Formulación del problema

El frijol de lima (*Phaseolus lunatus*) es una especie importante del género *Phaseolus* para consumo humano en regiones tropicales, fuente importante de proteínas para las personas de América del Sur, África y México. Además, como leguminosas, el frijol de lima presenta la capacidad de realizar la fijación biológica de nitrógeno (FBN) a través de la simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno. Numerosos estudios han demostrado que *Bradyrhizobium* y *Rhizobium* son los principales simbioses, aunque *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium* y *Allorhizobium* se han asociado al frijol de lima [5].

Los extractos de algas marinas poseen sustancias que son reguladores del crecimiento y los polisacáridos, además poseen otros compuestos bioactivos que pueden inducir mecanismos de defensa en las plantas y promover el crecimiento vegetal. Por ejemplo, ácidos grasos poliinsaturados (ω -3 y ω -6), aminoácidos (alanina, glicina, valina, aspartato, glutamato, arginina, treonina), vitaminas (B, C, E y K) y esteroides (fucosterol, ergosterol, colesterol, estigmasterol) [6]. También se han identificado compuestos osmoprotectores que pueden mejorar la respuesta agronómica de los cultivos bajo condiciones de estrés osmótico, tales como betaínas, prolina, sorbitol y manitol [7].

Otros constituyentes abundantes en los extractos de algas marinas son los nutrientes minerales debido a la capacidad de las algas de absorber elementos químicos del ambiente marino y acumularlos en la estructura molecular de quelatos como los polisacáridos sulfatados y los compuestos fenólicos. La composición mineral de diferentes macroalgas marinas detalla la presencia de macrominerales como potasio, nitrógeno, magnesio, calcio y sodio y de microminerales como cobre, hierro, manganeso, zinc, cadmio, cobalto, yodo, molibdeno, boro y níquel [6].

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, esteroides, 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. Sin embargo, el potencial bioestimulante de estas formulaciones no ha sido aprovechado al máximo debido al reducido conocimiento sobre sus mecanismos de acción en las plantas [8].

Por lo tanto, el problema radica en la insuficiente información sobre los productos ensayados, el bajo rendimiento y baja calidad de los granos en siembra de primavera; por lo que se plantea la siguiente problemática:

1.1.2.1 Problema general

¿Cuál será la respuesta de la aplicación de rizobacterias y extracto de algas marinas en el rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz, en la zona baja del valle de Ica?

1.1.2.2 Problemas específicos

¿Cómo influye la aplicación de rizobacterias y extracto de algas marinas en el rendimiento y sus principales componentes en el pallar Precoz, en la zona baja del valle de Ica?

¿Cuál será el efecto de la aplicación de rizobacterias y extractos de algas marinas en las variables morfoagronómicas y características del grano de pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica?

1.2 Antecedentes de la investigación

1.2.1 A nivel internacional

En una granja privada en la gobernación de Behaira-Egipto [9], evaluó el efecto del extracto de algas, aminoácidos y algunos bioconstituyentes sobre el crecimiento y la productividad de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), e informa que el tratamiento más eficaz fue el de algas marinas a 2 ml /L combinado con los aminoácidos a 4 ml/L, también señala que los diferentes tratamientos aplicados aumentaron las características de crecimiento como la altura de la planta, mejor desarrollo del área foliar, mejor desarrollo de raíces y también en el peso seco de los brotes. En consecuencia, aumentaron el rendimiento y sus componentes, tanto en el número de vainas por planta, como en el peso de la vaina (g), peso de 100 semillas (g), número de semillas/planta.

En el INTA, Pergamino – Argentina, [10], realizó un ensayo con el objetivo de cuantificar el efecto sobre la nodulación, el crecimiento, la acumulación de N y el rendimiento de un grupo de tratamientos biológicos que combinan *Bradyrhizobium japonicum* con promotores de crecimiento, biocontroladores, fungicidas curasemillas

y bioprotectores. En sus resultados, encontraron que se evidencia una contribución significativa de los protectores bacterianos, acompañantes y moléculas señal, mejorando la formulación y potenciando el efecto de *Bradyrhizobium*; por lo que sugieren una optimización de la FBN por parte de las tecnologías que aumentan la supervivencia de las bacterias, aceleran la nodulación y crean un mejor ambiente alrededor de las semillas para una rápida instalación y desencadenamiento del proceso de infección y fijación.

En el municipio Puerto Padre, Las Tunas, Cuba [11], estudiaron la efectividad de tres cepas de *Bradyrhizobium* en el desarrollo morfoagronómico de *Glycine max* L. (Soja), en un diseño de bloques al azar con 5 tratamientos (testigo absoluto, fertilización con NPK y las cepas de *Bradyrhizobium*: ICA 8001, USDA 110 y GIE 109) y 4 repeticiones, donde a lo largo del ciclo del cultivo se evaluaron diferentes variables y los resultados obtenidos indican que la aplicación de cepas de *Bradyrhizobium* influyó positivamente en las variables morfoagronómicas del cultivo de Soja; el menor número de vainas por planta se obtuvo en el control absoluto, sin diferir del tratamiento con NPK y afirmó que el mayor rendimiento de granos se obtuvo en las plantas inoculadas, con valores entre 1,06 y 1,23 t.ha⁻¹, concluyendo que la aplicación de cepas de *Bradyrhizobium* puede mejorar significativamente el rendimiento del cultivo de *Glycine max* L. Además, esto permitiría reducir la necesidad de fertilizantes minerales, lo que beneficiaría al medio ambiente, al contribuir con evitar una mayor contaminación.

Con la finalidad de realizar un estudio para evaluar el efecto de la coinoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* en comparación con la inoculación simple con *Bradyrhizobium japonicum* en el cultivo de soja, [12], planearon evaluar los tratamientos: control (sin inoculación), coinoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* e inoculación simple con *Bradyrhizobium japonicum* y dentro de cada tratamiento se tomaron al azar 4 repeticiones de material vegetal para su evaluación. Como resultados mencionan que la coinoculación presentó una nodulación superior. Además, los rendimientos fueron superiores en la coinoculación, la acumulación de biomasa aérea y N fue mayor, en cuanto al porcentaje de N derivado de la fijación biológica, se observó que fue mayor en la coinoculación que en la inoculación simple.

1.2.2 A nivel nacional

En la Universidad Nacional Agraria La Molina [13] evaluó el efecto de extractos de algas marinas en el rendimiento y la calidad de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade, aplicando cinco tratamientos y un testigo en cuatro repeticiones, en el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Los extractos de algas utilizados fueron

Agrostemin, Phyllum, Fertimar y Ecoalga, realizando cuatro aplicaciones de cada uno. Las variables evaluadas fueron el rendimiento t/ha, diámetro (mm) y longitud (cm) de la vaina. En rendimiento destacó Fertimar con 9,48 t/ha y el menor valor fue 5,60 t/ha, aunque sin diferencia significativa. No hubo diferencia significativa. El diámetro y longitud de la vaina no fueron influenciadas por ningún tratamiento siendo los valores 8,54 y 17,12 cm respectivamente. No encontró diferencia significativa en el peso de vainas; aunque Phyllum alcanzó el mayor promedio con 8,61 g. Los valores de materia seca fueron 17,64 % para hojas, 18,58 % para tallos y 7,13 % para vainas. Agrostemin tuvo el mayor contenido de concentración foliar de potasio con 2,84 %

A nivel de laboratorio de la Universidad Nacional Agraria, La Molina [14], evaluaron la actividad microbiana en la rizósfera de *Phaseolus lunatus* var. Sieva, a partir de muestras de suelo colectadas en campo durante los diferentes estados fenológicos del cultivo de pallar, cuyas semillas fueron inoculadas con *Bradyrhizobium* sp. cepa PCYGIVN3, cepa PSNC4N2 y la interacción de éstas; además, con su testigo fertilizado N-P-K y el control sin inocular. La mayor producción de CO₂ se observó durante la floración. La respiración en la rizósfera inoculada con la interacción de cepas fue mayor que la cepa PSNC4N2 (0.121 y 0.088 mg CO₂·g⁻¹·h⁻¹ respectivamente); siendo la primera significativamente mayor respecto al testigo y al tratamiento químico nitrogenado [0.085 mg CO₂·g⁻¹·h⁻¹] (p cepa PCYGIVN3 > interacción, con 61.04, 56.57 y 51.37 µg formazán·g⁻¹·(24h)⁻¹ respectivamente, evidenciando diferencias significativas con la fertilización química nitrogenada [40.87 µg formazán·g⁻¹·(24h)⁻¹]. En el tratamiento de la interacción de cepas de *Bradyrhizobium* con la cepa PSNC4N2, presentaron los valores más altos de materia seca durante el periodo comprendido entre la floración y madurez de vainas.

En el laboratorio de Rhizobiología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, [15], evaluó el efecto de la coinoculación de *Rhizobium* y *Bacillus* en el crecimiento y la nodulación de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y arveja (*Pisum sativum*), bajo condiciones de invernadero, con cinco tratamientos: T1= Coinoculación *Rhizobium* + *Bacillus*, T2= Inoculación *Rhizobium*, T3= Inoculación *Bacillus*, T4= Fertilización química, T5= Control, en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Como resultado encontró que la coinoculación *Rhizobium* + *Bacillus* incrementó el peso de la materia seca de la parte aérea en frijol, pero no en arveja. Sin embargo, no se observó un aumento en el desarrollo del sistema radicular en ninguna de las dos plantas, la nodulación en plantas de frijol y arveja coinoculadas con *Rhizobium* + *Bacillus* fue similar al tratamiento solo con *Rhizobium*.

En el campo experimental de la Universidad Nacional Agraria – Lima [16] realizó una investigación con los objetivos de: a) Determinar el efecto de la inoculación de cepas

de rizobacterias en el cultivo de frijol en campo y b) Determinar a las cepas de rizobacterias que influyen en los componentes de rendimiento del cultivo de frijol variedad Canario centenario. Evaluó cinco cepas de *Rhizobium*, un tratamiento con fertilización nitrogenado 40 kg/ha y un testigo absoluto. Se inoculó 20 ml de suspensión del cultivo aislado (20 UFC/ ml) en semillas de la var. Canario Centenario, según el diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Evaluó los componentes del rendimiento y rendimiento potencial. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con la cepa nativa de *Rhizobium* sp. proveniente de Colombia, para rendimiento. Infiriendo que la cepa proveniente de Colombia, mostro una mayor afinidad con el cultivo de frijol var. Canario Centenario en condiciones de campo.

1.2.3 A nivel local

En la zona media del valle de Ica, distrito de Subtanjalla, [17], realizó su trabajo de investigación para evaluar la efectividad de la inoculación con cepas seleccionadas de rizobacterias, de una línea precoz de pallar de grano verde en condiciones de verano, con siembra en diciembre. Los tratamientos fueron: T1 = cepa LMTR28 *Bradyrhizobium yuanmingense*, T2 = *Rhizobium*, T3 = interacción de ambas (T1 + T2), T4 = N+ y T5 = N-. Como resultado encontró que el tratamiento 3 (co inoculación con ambas cepas) destacó significativamente en porcentaje de emergencia, número de nódulos, peso seco de nódulos, peso de 100 semillas y contenido de nitrógeno por planta, superando a T2 y T1. Refiere que, en peso seco de follaje, contenido de nitrógeno foliar y altura de follaje en cosecha, el testigo T-N, fue superado significativamente. Concluye que hubo efectividad en la inoculación realizada.

Con el objetivo de evaluar el impacto de diferentes productos biotecnológicos en el rendimiento de dos líneas promisorias de pallar en Guadalupe – Ica, [18], realizaron una investigación en un suelo de textura franco, una conductividad eléctrica moderada, un pH ligeramente alcalino, y niveles bajos de materia orgánica y nitrógeno; en el diseño en bloques completamente al azar con 14 tratamientos y cuatro repeticiones; evaluando diversos productos biotecnológicos a base de consorcios de microorganismos: sistema RHIZOTEC-A, sistema RHIZOTEC-B, cepas seleccionadas de *Bacillus* sp. y de *Bradyrhizobium yuanmingense* (LMTR 28). Los resultados obtenidos sugieren que los consorcios microbianos RHIZOTEC-A y RHIZOTEC-B tuvieron un efecto positivo en las variables evaluadas, especialmente cuando se combinaron con cepas específicas de *B. yuanmingense* y *Bacillus* sp. + *B. yuanmingense*, así mismo, en el peso seco de la parte aérea y radicular, y en el número de nódulos por planta, los productos biotecnológicos mostraron los promedios más altos en comparación con los testigos de ambas líneas de pallar.

En su trabajo de investigación [19], evaluaron la efectividad de cepas seleccionadas de Rizobacterias como: *Bacillus* sp., *Bradyrhizobium* sp., *B. yuanmingense*, *Pantoea* sp., *Rhizobium* sp., que inocularon a la semilla del cultivo de pallar, con su testigo fertilizado (NP+) y absoluto (NP-), en Guadalupe –Ica, en un diseño en bloques completamente al azar con siete tratamientos y cinco repeticiones. Encontraron que la cepa de *Bradyrhizobium* sp. demostró mayor efectividad al alcanzar el mayor rendimiento con 2, 783.81 kg/ha y el mayor porcentaje de Nitrógeno en el grano con 4.043%. El efecto de la cepa de *Bacillus* sp. que es promotora del crecimiento vegetal, también ha demostrado su efectividad al lograr un buen rendimiento con 2,586.75 kg/ha y buen porcentaje de Nitrógeno en el grano, con 4.013%.

Para determinar la mejor dosis de un compensador energético y de extractos de algas marinas en el cultivo de pallar, cultivar Ica 450-3-71 [20], realizaron un trabajo de investigación en la zona media del valle de Ica, en un Diseño de Bloques Completamente al Azar, dispuesto en factorial con 3 dosis de un compensador energético y 3 dosis de extracto de algas marinas, más un testigo absoluto, con 5 repeticiones. Como resultado obtuvo que con 4.5 L/ha destacó el compensador energético con 28.50 vainas por planta, 165.39 g en 100 granos y 2,462 kg/ha de rendimiento de grano; mientras que el extracto de algas marinas destacó con 6.0 L/ha con 29.57 vainas por planta en promedio, con 166.41 g en 100 granos y 2,522 kg/ha de rendimiento de grano. en promedio.

Con el objetivo de evaluar el efecto de la coinoculación y reinoculación con cepas seleccionadas de rizobacterias en el rendimiento de pallar, en la zona media del valle de Ica [21], planificó su estudio en un suelo de textura franco arenoso, probando seis tratamientos en Diseño en Bloques Completamente al Azar con cinco repeticiones: 1(coinoculación cepa 1 + cepa2), 2(coinoculación y reinoculación con cepa 1+cepa 2), 3(coinoculación con cepa 1+cepa 2 y reinoculación con cepa 1), 4(coinoculación con cepa 1+cepa 2 y reinoculación con cepa 2), 5(testigo NP+) y 6(testigo NP-). Siendo cepa 1 = *Bacillus* sp. y cepa 2 = *Bradyrhizobium yuanmingense*, en siembra de abril, con riego tecnificado por goteo. Como resultado obtuvo que los tratamientos 1 (*Bacillus* sp) y 2 (*Bradyrhizobium* sp.) alcanzaron similar rendimiento que el testigo fertilizado con NP sintético, superando al testigo absoluto (NP-) en la mayoría de las variables evaluadas, destacando el número de nódulos por planta, el peso seco de la biomasa aérea, biomasa radicular y peso de 100 semillas. El contenido de N en el grano fue similar en todos los tratamientos, superando al testigo. Concluye que es posible reemplazar el fertilizante nitrogenado por el uso de inoculantes aplicados a la semilla.

1.2.4 Aspectos científicos vinculados a la investigación

1.2.4.1 Sobre el cultivo de pallar

Phaseolus lunatus L. (pallar) es una especie que integra la familia Leguminosae (o Fabaceae). Es una planta herbácea que puede ser de hábito de crecimiento determinado o indeterminado. Las variedades erectas o arbustivas de hábito de crecimiento determinado 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* FAO [22]. Tal como [23], informa que en su trabajo de investigación identificó la diversidad de rizobios que hacen simbiosis con el pallar en toda la zona geográfica de la región Ica donde colectó nódulos simbióticos, encontrando un 6.81 % de cepas de crecimiento muy rápido, no identificadas; un 32.34 % de cepas de crecimiento rápido correspondiente a *Rhizobium*, un 57.87 % de cepas de crecimiento lento correspondiente a *Bradyrhizobium*, y un 2.98 % de cepas de crecimiento extra lento, no identificadas.

La planta de pallar tiene tallos herbáceos, estriados, levemente pubescentes o glabros; sus hojas son pequeñas, alternas, trifoliadas, con los folíolos 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 verdeazulado, con o sin pubescencia, membranosas y coriáceas, con estípulas lineares, ovaladas o lanceoladas. Los peciolo alcanzan de 1,5 hasta 19 cm de largo [22].

El cultivo de pallar prefiere zonas templadas a cálidas, con temperaturas entre 19.7 y 25.4 °C; humedad relativa promedio mensual de 71 a 76 %, y las horas de sol promedio mensual se encuentran entre 6.2 y 8 horas, también se adapta a climas con temperaturas de 18 – 25°C [24]. No resiste temperaturas bajas, siendo por lo tanto susceptible a las heladas. Contrariamente, las temperaturas altas y por períodos prolongados ocasionan la caída de las flores [25], la floración suele prosperar con 15 a 18°C de temperatura, siendo 28°C una condición crítica y el cero biológico a los 10°C [26]. En otras leguminosas, cuando la temperatura mínima nocturna se eleva por encima de 20°C y las diurnas entre 33 y 35°C, se ve afectada la viabilidad del polen y la floración se ve frustrada; lo que se traducirá en la disminución del rendimiento hasta en un 4% por cada 1°C que aumente la temperatura promedio, por consiguiente, se compensa el efecto de alta temperatura con riegos oportunos y nutrientes de manera precisa [27].

El pallar es una especie principalmente autógama, es auto compatible y autopolinizada. El polen y el estigma maduran de forma sincronizada y están muy próximos dentro del botón floral incluso sin abrir, lo que favorece la autopolinización.

A menudo, también ocurre polinización cruzada mediante la acción de insectos polinizadores, quienes fuerzan al estilo y el estigma a salir. Tiene un alto porcentaje de abortos florales en el campo: las que florecen primeras y los nudos basales son los más productivos [25].

El pallar de Ica es reconocido por ser un producto de cascara delgada, de fácil y rápida cocción y es preferido por su sabor agradable y dulce, de textura suave y cremosa al ser cocido [2]. Así como también por su alto valor nutricional el cual contiene 20.4 g/100g de proteínas, 42.4 g/100g de carbohidratos disponibles, 19 g/100g de fibra dietaria, 5.4 g/100g de cenizas, calcio 70 mg /100 g, fósforo 318 mg/100g, zinc 2.83 mg/100 g, Hierro 6.7 mg/100g, vitamina C 7.5 mg/100 g, sodio 55 mg/100 g y 576mg/100 g de potasio [28].

La importancia del pallar, para la región Ica y el país, es ampliamente reconocida, por su denominación de origen “Pallar de Ica” otorgada por INDECOPI [1], según [2]; por su aporte nutricional en contenido de proteínas que supera el 20%, y porque es una especie con grandes habilidades simbióticas con sus rizobios nativos para proveerse de su propio nitrógeno, con lo cual puede ser parte de una agricultura sustentable con menor impacto en el ambiente.

1.2.4.2 Las rizobacterias

Las rizobacterias son una alternativa biotecnológica en la agricultura por la gran cantidad de mecanismos moleculares que permiten mejorar el rendimiento y la salud de las plantas. Los inoculantes a base de rizobacterias son una alternativa biotecnológica en la agricultura sustentable, que permite incrementar el rendimiento, disminuyendo los costos de producción en la práctica agrícola, por concepto de fertilizante sintético; ya que, las rizobacterias pueden ayudar a disminuir el uso de fertilizantes químicos, plaguicidas y reguladores artificiales que tienen efectos negativos en los ecosistemas naturales, y contribuir a una agricultura más amigable con el medio ambiente con productos más saludables [31].

Las interacciones de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) con las plantas y otros microorganismos son muy complejas y utilizan diferentes mecanismos de acción para promover el crecimiento de las plantas, los cuales pueden ser: 1) Biofertilización; 2) Fitoestimulación; y 3) Biocontrol. Al inocular los cultivos con rizobacterias es posible reducir sustancialmente el uso de fertilizantes sintéticos y los consiguientes impactos negativos al suelo, aumenta el rendimiento de los cultivos, contribuyendo a la economía del productor y a la alimentación de la población. Esta revisión describe aspectos básicos característicos de la interacción entre las RPCV y las especies vegetales, centrándose en los beneficios que aportan las RPCV a la actividad agrícola [32]

Las bacterias conocidas como rizobios son auténticas fábricas biológicas de amoníaco ya que transforman el nitrógeno del aire en asimilable y lo proporcionan a las plantas a través de sus raíces donde forman los nódulos, cuyas células están ocupadas por estos microorganismos que realizan la misma labor que la industria fabricante de abonos nitrogenados sintéticos, suministrando de forma limpia y barata a las plantas, el nitrógeno que requieren [33].

Uno de los mecanismos promotores de crecimiento identificados en el género *Bacillus*, es la solubilización de fosfato, la síntesis de fitohormonas como el ácido indol acético y la capacidad de controlar algunos hongos patógenos en la rizósfera; lo cual es muy importante ya que en el futuro se podría producir biofertilizante a partir de estas cepas de *Bacillus* spp. sin correr el riesgo de que sean potencialmente patógenas [34].

Algunas rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, específicamente las bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSF), solubilizan los fosfatos insolubles de los suelos y los vuelven disponibles para las plantas y éstas, a su vez les proporcionan compuestos carbonados que son metabolizados para el crecimiento microbiano e igualmente los exudados radiculares y los detritus vegetales suministran el sustrato energético que favorece su actividad solubilizadora [35],

1.2.4.3 Los Extractos de algas marinas

Dentro del grupo de extractos complejos Nanda et al [36], señalan que se encuentran a los extractos de algas, que son bioestimulantes capaces de mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas y aumentar su tolerancia frente a factores de estrés abiótico y biótico como puede ser sequía, salinidad, temperaturas extremas, ataques de patógenos, etc. Por otro lado, indican que cuando los extractos de *Ascophyllum nodosum* L., se complementan con otros bioestimulantes, biofertilizantes como ácidos húmicos o promotores del crecimiento vegetal (PGPR), potencian sus efectos beneficiosos en el crecimiento y resistencia a patógenos, lo que resulta más interesante todavía.

Sobre el uso de los extractos de algas marinas como bioestimulantes [3] señala que es beneficioso para aumentar tanto la producción como la calidad de los cultivos, ya que promueven la síntesis de hormonas y tienen un impacto positivo en la absorción y transporte de nutrientes en las plantas. Además, desempeñan un papel importante en la mejora de las condiciones del suelo al aumentar su capacidad de retener humedad y estimular la actividad de microorganismos beneficiosos.; por lo que las algas marinas son organismos esenciales en los ecosistemas marinos de todo el mundo, desde microorganismos unicelulares hasta macroalgas multicelulares.

Para avanzar hacia la sostenibilidad agrícola, es necesario impulsar la búsqueda de alternativas biotecnológicas eficientes, y los extractos de algas marinas se perfilan

como insumos estratégicos por su capacidad para modular respuestas fisiológicas y bioquímicas en plantas, pues numerosos estudios han demostrado que el uso de extractos de algas marinas contribuye a regular procesos como la osmoprotección, defensa antioxidante, inducción hormonal, mejora radicular y modulación de la microbiota rizosférica, incrementando el rendimiento, la calidad y la tolerancia a condiciones adversas. Sin embargo, aún no es posible su aplicación masiva por su complejidad, pero representa una herramienta prometedora para fortalecer la resiliencia de los cultivos, siempre que se avance en protocolos uniformes, validación en campo y evaluación de seguridad [37].

Como se sabe, el conocimiento sobre el uso de bioestimulantes a base de extracto de algas marinas está en constante crecimiento, los mecanismos fisiológicos y moleculares exactos por los cuales estos extractos modulan la respuesta de las plantas al estrés abiótico y biótico aún no se comprenden completamente; por lo que, cuando ello suceda su utilización será más exitosa [38].

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, esteroides, 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 [3].

1.3 Justificación e importancia de la investigación

1.3.1 Justificación

Las investigaciones utilizando productos biotecnológicos como inoculantes a base de cepas seleccionadas de rizobacterias vinculadas con la nutrición nitrogenada y fosfórica, o bioestimulantes como los extractos de algas marinas como apoyo para lograr rendimientos más sostenibles en el cultivo de pallar en zonas donde los pequeños agricultores vienen teniendo problemas por la escasez del recurso hídrico, generando estrés a las plantas por las condiciones difíciles; se convierten en reales aportes que con esfuerzo se hace con los trabajos de investigación proyectados desde la Universidad.

Se justifica plenamente la realización del presente estudio para determinar la respuesta del cultivo de pallar precoz sembrado en condiciones de temperaturas por encima del promedio de la estación de otoño a la aplicación de rizobacterias y un bioestimulante como los extractos de algas, contribuyendo de esta manera con incrementar el conocimiento y experiencias con el uso de productos y tecnologías

que pueden ser adoptados por los agricultores para lograr mayores rendimientos y cosechas más saludables en beneficio de la alimentación de la población y de sus propias familias.

1.3.2 Importancia

Es innegable la importancia del cultivo de pallar para la región Ica y el país porque representa la menestra bandera o emblemática por su bien ganado prestigio en el sector agrícola como mejorador de suelos, y como alimento para la población, contribuyendo a disminuir la desnutrición por su aporte importante de proteína (20 – 22%) [2].

Es muy importante que las experiencias exitosas que se reportan en diversos cultivos, utilizando microorganismos benéficos convertidos en inoculantes en unos casos a base de cepas seleccionadas de rizobacterias, y en otros, constituyendo parte de productos bioestimulantes, promotores del crecimiento vegetal, biocontroladores, etc., sean aplicados al cultivo de pallar en zonas productoras de esta menestra, con la finalidad de mejorar el producto cosechado a través de una agricultura más sostenible.

Entonces, la importancia del presente estudio radica en la contribución que se producirá al generar más información disponible para los agricultores y demás actores involucrados en el sector; de manera tal que haya satisfacción en los resultados obtenidos, se mejore la rentabilidad del cultivo, con beneficios para los agricultores al obtener precios justos por sus productos de mejor calidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general:

Evaluar la respuesta de la aplicación de rizobacterias y extracto de algas marinas en el rendimiento y variables morfoagronómicas del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.

1.4.2 Objetivos específicos:

- Evaluar la respuesta a la aplicación de rizobacterias y extracto de algas marinas en el rendimiento y sus principales componentes del pallar Precoz en la zona baja del valle de Ica.
- Evaluar la respuesta a la aplicación de las rizobacterias y extracto de algas marinas en las variables morfoagronómicas y características del grano del pallar Precoz, en la zona baja del valle de Ica.

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1 Tipo y Nivel de la investigación

El tipo de investigación es cuantitativa, experimental, aplicada.

El nivel de la investigación es explicativa y correlacional de los efectos que producen cada uno de los tratamientos aplicados sobre el cultivo de pallar.

2.2 Población y Muestra del estudio

La población estuvo representada por las 864 plantas de pallar precoz que se instalaron en el campo experimental.

La muestra del estudio se refiere a las 72 plantas que se evaluaron en todo el campo experimental, correspondiendo a tres plantas marcadas por parcela.

2.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación establece una relación entre las variables independientes (X) y la dependiente (Y), analizando la influencia de los productos aplicados como variables independientes sobre el rendimiento y contenido de N en el grano como variables dependientes

2.4 Ubicación del campo experimental

La presente investigación se realizó en el fundo “Tipacti”, ubicado en el caserío Sacta, de la zona baja del valle, distrito de Santiago, provincia y departamento de Ica.

Con las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud 14° 15' 25.40''S
- Longitud 75° 41' 59.79''O
- Altitud 351 m.s.n.m

Y con las siguientes coordenadas UTM:

Zona 18L

424495.87 m E

842373.79 m S

2.5 Análisis de suelo

Las características físico-mecánicas y químicas del suelo se obtuvieron del análisis que se realizó en laboratorio especializado; para lo cual se envió una muestra representativa de aproximadamente 2 kg que se conformó a su vez de unir y homogenizar cinco submuestras de suelo que se extrajeron de diferentes puntos del campo experimental, siguiendo el método de zigzag, utilizando una lampa limpia, extrayendo las submuestras a una profundidad de 0.30 m (Tabla 1) (Tabla 2).

Cabe señalar que la presente investigación se realizó en terreno compartido con otras investigaciones que se instalaron en la misma fecha en un área total de aproximadamente 0.3 ha; por lo que se envió una muestra representativa al Laboratorio.

TABLA 1
ANÁLISIS FÍSICO – MECÁNICO DEL SUELO

Determinación	Profundidad del suelo (00-30 cm)	Método empleado
Arena (%)	58.20	Hidrómetro
Limo (%)	37.42	Hidrómetro
Arcilla (%)	4.38	Hidrómetro
Textura	Franco arenoso	Triangulo textural

Nota: Resultados proporcionados por el Laboratorio Agrícola. CITE -AGROINDUSTRIAL.

TABLA 2
ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

Determinación	Suelo 0 - 30 cm	Método empleado	Interpretación
CaCO ₃ (%)	3.48	NOM – 021- SEMARNAT – 2000 – AS – 29	Medio
C.E (mS/cm)	6.92	NOM – 021- SEMARNAT – 2000 – AS – 16 al 18	Salino
pH	8.04	NOM – 021- SEMARNAT – 2000 – AS – 02	Ligeramente alcalino
Materia orgánica (%)	1.58	Ignición	Muy bajo
Nitrógeno total (%)	0.08	Cálculo – Ignición	Bajo
P (ppm)	21.33	NOM – 021- SEMARNAT – 2000 – AS – 10	Alto
C.I.C meq/100 g	10.48	Cálculo	Medio
Ca ⁺⁺ meq/100 g	6.46	Titulación con EDTA	Alto
Mg ⁺⁺ meq/100g	3.37	Titulación con EDTA	Alto
K meq/100 g	0.19	Espectrofotómetro de absorción atómica	Bajo
Na meq/100 g	0.45	Espectrofotómetro de absorción atómica	Bajo
P.S.I. (%)	4.31	Cálculo	No sódico

Nota: Resultados proporcionados por el Laboratorio Agrícola. CITE -AGROINDUSTRIAL.

2.6 Observaciones meteorológicas

Con la finalidad de conocer las condiciones climáticas en las que se desarrolló el cultivo de pallar, en la zona baja del valle Ica, en un año atípico por la presencia del Niño Costero, se recurrió a la Estación Meteorológica CO-OCUCAJE – del SENAMHI – ICA, para solicitar información sobre temperaturas, horas de sol, humedad relativa diarias y/o mensuales y velocidad del viento desde el mes de setiembre 2023 en que instaló el cultivo hasta el mes de enero 2024 en que se realizó la cosecha (Tabla 3).

TABLA 3
OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS DE SETIEMBRE 2023 A ENERO 2024.

Meses	Temperatura °C			Horas de sol (unidad)	Humedad relativa (%)	Velocidad de viento
	Maxima	Media	Minima	mensual	mensual	Mensual
Setiembre	S/D	19.7	11.6	230.2	74.9	1.5
Octubre	S/D	22.9	14.0	263.5	70.2	1.4
Noviembre	S/D	22.6	14.1	249.5	70.1	1.5
Diciembre	S/D	24.2	15.7	258.0	67.5	1.5
Enero	S/D	25.9	18.1	253.9	67.0	S/D

Nota: Datos proporcionados por la Estación Meteorológica CO-OCUCAJE – SENAMHI – ICA.

Latitud Sur : 14° 22' 72.38"S

Longitud Oeste : 75° 40' 55.5"W

Altitud : 331 msnm.

2.7 Tratamientos en estudio

2.7.1 Material biológico

El material biológico se refiere a la semilla de pallar Precoz, de reciente cosecha, que fue seleccionada y contada para cada parcela.

Rizobacterias: cepas seleccionadas de *Bacillus* sp. y *Bradyrhizobium* sp. provenientes del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología, Departamento de Biología-Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Extracto de algas marinas: Gacyr Algamares (*Ascophyllum nodosum*) al 65% P/V.

2.7.2 Tratamientos propiamente dichos

Los tratamientos se conformaron de la aplicación de las rizobacterias, solas y combinadas con el extracto de algas marinas, además de un testigo fertilizado (NPK) y un testigo absoluto. Conformando seis tratamientos (Tabla 4).

TABLA 4
TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Clave	Tratamientos	Dosis	Momento de aplicación	Forma de aplicación
1	<i>Bacillus</i> sp.+ <i>Bradyrhizobium</i> sp.	0.5 + 0.5/kg de semilla	A la siembra	Inoculación a la semilla
2	(<i>Bacillus</i> sp.+ <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Extracto de algas marinas	0.5 + 0.5/kg de Semilla + 2 L/ha	A la siembra A los 15 y 30 dds	Inoculación a la semilla. Aplicación foliar
3	(<i>Bacillus</i> sp.+ <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + Extracto de algas marinas + NPK	0.5 + 0.5/kg de Semilla + 2 L/ha 20-20-20 NPK	A la siembra A los 15 y 30 dds A los 15 dds	Inoculación a la semilla. Aplicación foliar Localizada/golpe
4	Extracto de algas marinas	2 L/ha/aplicación	15, 30, 45 y 60 dds	Aplicación foliar
5	Testigo fertilizado	40-60-40 NPK	A los 15 dds	Localizada/golpe
6	Testigo absoluto	---	---	---

2.8 Diseño experimental

El Diseño utilizado fue en Bloques Completamente al Azar (DBCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones o bloques con un total de 24 unidades experimentales.

El modelo aditivo lineal del diseño experimental en bloques completamente al azar, utilizado es:

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

Donde:

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

μ = Parámetro, efecto medio

T_i = Parámetro, efecto del tratamiento i

β_j = Parámetro, efecto del bloque j

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

2.9 Características del campo experimental

Dimensiones del terreno

Largo	13.10 m
Ancho	14.4 m
Área total	188.64 m ²
Área de calles	50.4 m ²
Área neta	138.24 m ²

Parcelas:

Largo de parcela	2.4 m
Ancho de parcela	2.4 m
Área de una parcela	5.76 m ²
Número de surcos por parcela	3
Distancia entre surcos	0.80 m
Distancia entre golpes	0.40 m
Número de plantas por golpe	2

Bloques:

Largo del bloque	2.4 m
Ancho del bloque	14.4 m
Área de un bloque	34.56 m ²
Número de bloques	4

Croquis experimental

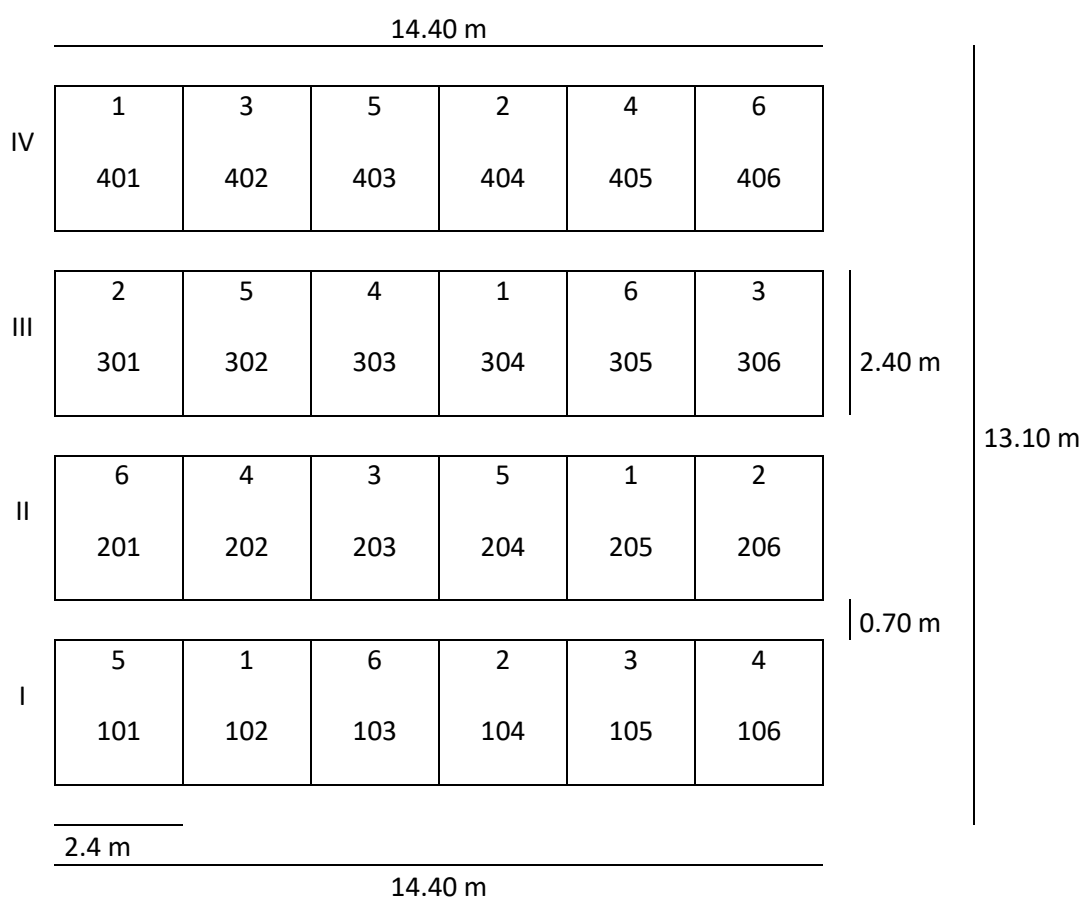


Figura 1: Distribución de los tratamientos en el croquis experimental

2.10 Metodología de aplicación de los tratamientos

La metodología de aplicación de los tratamientos se detalla a continuación:

- Momentos antes de la siembra se realizó la inoculación de la semilla de pallar, con las cepas de rizobacterias: *Bacillus sp.*, y *Bradyrhizobium* LMTR 28, de las parcelas que recibieron los tratamientos 1, 2 y 3, agregando gotas de agua mineral y suelo fino en cantidad suficiente con lo que se formó una pasta uniforme entre las semillas y los inoculantes; dejando en reposo por unos 10 minutos y bajo sombra.
- A los 15 días después de la siembra (dds), se realizó la primera aplicación con extracto de algas, vía foliar en las parcelas identificadas con la clave 2, 3 y 4.
- A los 30 dds, se realizó la segunda aplicación con extracto de algas vía foliar, en las parcelas identificadas con la clave 2, 3 y 4.
- A los 45 dds, se realizó la tercera aplicación con extracto de algas, vía foliar solamente en las parcelas identificadas con la clave 4.

- A los 60 dds, se realizó la cuarta aplicación con extracto de algas, vía foliar, solamente a las parcelas identificadas con la clave 4.
- Las parcelas identificadas con la clave 3, fueron fertilizadas con la dosis 20-20-20 de NPK a los 15 dds.
- Las parcelas identificadas con la clave 5, fueron fertilizadas con la dosis 40-60-40 de NPK a los 15 dds. Corresponde al testigo fertilizado.
- Las parcelas identificadas con la clave 6, no recibieron inoculantes con rizobacterias, ni extracto de algas ni fertilizantes. Corresponde al testigo absoluto.
- Previamente a cada aplicación se realizó la calibración del gasto de agua, de acuerdo con el follaje de las plantas y al estado fenológico del cultivo.
- El manejo agronómico estuvo a cargo del tesista con apoyo de personal de campo, de ser necesario, previa coordinación con los asesores.
- El manejo fitosanitario del campo experimental se basó en el Manejo Integrado de Plagas y del cultivo, priorizando el monitoreo y la prevención.
- Las evaluaciones de las variables en estudio estuvieron a cargo del tesista con la supervisión del asesor, siendo lo más oportuno posible.

2.11 Conducción del experimento

Preparación del Terreno

La preparación del terreno elegido para realizar la investigación se inició con la limpieza del área experimental, eliminando malezas y restos del cultivo anterior

El 04 de agosto de 2023, se realizó la aradura en seco utilizando tracción mecánica, quedando listo para aplicar el riego de machaco que se realizó el 13 de agosto durante cuatro horas y con el método de inundación.

La aradura en húmedo se realizó el 27 de agosto después de esperar que la humedad del terreno esté a punto para facilitar el ingreso de maquinaria, quedando el terreno planchado por unos días adicionales.

El surcado del terreno en capacidad de campo para proceder a la siembra se realizó el 31 de agosto con implemento mecánico, en horas de la tarde.

Demarcación del campo experimental

El 01 de setiembre de 2023, a primeras horas de la mañana se realizó la demarcación del terreno, con las dimensiones señaladas en el croquis experimental, utilizando wincha, cordel, estacas, yeso y tarjetas de identificación de cada parcela, quedando listo para realizar la siembra.

Inoculación de semillas y Siembra

El 01 de setiembre de 2023, en un lugar bajo sombra se procedió a inocular la semilla de los tratamientos correspondientes a rizobacterias a razón de 0.5 ml de cada cepa seleccionada por kg de semilla o su equivalente, lo que consistió en inocular la semilla

seleccionada y contada que se encontraba en bolsas debidamente identificadas, y se colocó en las parcelas según lo indicado en el croquis experimental.

La siembra consistió en colocar la semilla co inoculada (dos cepas) a los hoyos que se hicieron utilizando lampa muy limpia, de manera general se colocaron tres semillas por golpe distanciados a 40 cm entre ellos, utilizando guantes quirúrgicos como medida de protección.

La semilla de los demás tratamientos incluyendo los testigos fertilizado y absoluto, se sembró con la misma metodología, con la diferencia que fue impregnada con el fungicida de nombre comercial Parachupadera (Flutolanil + Captan) y luego se prosiguió con la forma de siembra ya mencionada.

Resiembra

A los ocho días después de la siembra se realizó la primera evaluación del porcentaje emergencia, y evidenciándose un alto porcentaje de germinación por encima del 95%, no fue necesario realizar la labor de resiembra.

Cultivo y Deshierbos

Se realizó un cultivo a tracción animal a los 24 días de edad de las plantas durante una hora con lo cual se cambió de surco de riego y se acumuló tierra al cuello de planta para un mejor soporte. Las labores de deshierbo se realizaron con frecuencia a fin de evitar el efecto negativo de la competencia de las malezas con las plantas de pallar, por espacio, nutrientes y agua. Esta actividad fue manual cuando se trataba de malezas de hoja ancha y con lampa cuando se trataba de gramíneas y otras especies de tamaño pequeño (Tabla 5).

TABLA 5
CRONOGRAMA DE CULTIVOS Y DESHIERBOS

Labor	Fecha	Edad del cultivo (días)
Cultivo	25-09-2023	24
Deshierbo 1	27-09-2023	26
Deshierbo 2	25-10-2023	54
Deshierbo 3	25-11-2023	84

Las malezas más frecuentes fueron:

<u>Nombre común</u>	<u>Nombre científico</u>
Coquito	<i>Cyperus rotundus</i>
Gramma común	<i>Cynodon dactylon</i>
Yuyo	<i>Amaranthus sp.</i>

Manejo fitosanitario

La base del manejo fitosanitario fue el manejo integrado de plagas, que consistió en evaluaciones frecuentes a fin de monitorear presencia de las principales plagas del cultivo

y tomar las decisiones oportunas basadas en acciones preventivas o correctivas a fin de mantener un nivel de infestación mínimo evitando llegar a nivel de daño económico.

Se monitoreó la presencia de adultos de lepidópteros con la colocación de bandejas de agua: melaza al ras del suelo, colocadas en diferentes puntos del campo experimental. Posteriormente las evaluaciones del estadio larval, determinó la aplicación de insecticida químico a base de Fentoato 500 EC (Fenkil) producto de baja toxicidad. (Tabla 6).

TABLA 6
CRONOGRAMA DEL MANEJO FITOSANITARIO DEL CULTIVO DE PALLAR

Fecha	Labor	Producto	Dosis	Plaga a controlar
02/09/2023	Preparación cebo toxico	Melaza+afrecho + (Methomyl 90%)	8 kg + 15kg + 100 g	Gusanos cortadores (<i>Agrotis ipsilon</i>), gusanos de tierra (<i>Elasmopalpus lignosellus</i>).
22/09/2023	Trampa etológica	Plástico amarillo + Temo-o-cid	540 g	Adultos de lepidópteros (<i>Spodoptera frugiperda</i>); gusano barrenador de brotes (<i>Epinotia aporema</i>)
27/09/2023	Trampa etológica	Trampa de melaza + agua + poet	4 kg + 10 L + 300 ml	Adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i> ; gusano pegador de hojas (<i>Omiodes indicata</i>), gusano barrenador de brotes (<i>Epinotia aporema</i>)
	Aplicación biocida	Rocoto + ajos licuado	400 ml/20	
09/10/2023	Aplicación biocida	Rocoto + ajos licuado	400 ml/20 L	Gusano barrenador de brotes (<i>Epinotia aporema</i>), gusano pegador de hojas (<i>Omiodes indicata</i>), Mosca lagunar de hojas (<i>Agromiza sp.</i>)
15/10/2023				
25/10/2023	Aplicación de biocida	Rocoto + ajos licuado	400 ml/20 L	Primer estadio larval gusano barrenador de brotes (<i>Epinotia aporema</i>) Mariposa de la flor (<i>Leptotes sp.</i>) (<i>Laspeyresia leguminis</i>)
31/10/2023				
05/11/2023	Renovación de trampa etológica	Plástico amarillo untado de Temo-o-cid	540 g	Adultos de lepidópteros (<i>Spodoptera frugiperda</i>); barrenador de brotes (<i>Epinotia aporema</i>); (<i>Laspeyresia leguminis</i>)
10/11/2023	Control químico	Fentoato (Fenkil 500 EC)	500 ml/200 L	Larvas de Gusano perforador de vainas (<i>Heliothis virescens</i>); barrenador de vainas (<i>Laspeyresia leguminis</i>)
30/11/2023				

El manejo integrado se inició con la preparación de cebo tóxico a base de afrecho, melaza de caña, agua y un sobre de Methomil (Lannate) al 90% (100 g). La mezcla uniforme obtenida se aplicó por golpe esparciendo alrededor del cuello de las plantitas emergidas.

Las trampas etológicas se construyeron a base de plástico de color amarillo untadas de grasa y melaza o con pegamento Temo-o-cid, también se prepararon y colocaron botellas de plástico recicladas de 2 y 3 L de capacidad en las que se mezcló melaza y agua (1:1) y se colocaron a ras del suelo algunas y otras se colgaron en estacas de caña.

También se preparó un biocida a base de rocoto, ajo y otros componentes orgánicos y se aplicó vía foliar como medida preventiva y de control de los primeros estadios larvales de lepidópteros.

Biofertilización - Fertilización

Los biofertilizantes se refieren a los inoculantes aplicados, solos o combinados, a base de cepas seleccionadas de *Bacillus* sp., *Bradyrhizobium* sp. que se aplicaron a determinadas parcelas según el croquis experimental.

La fertilización se refiere a la aplicación de la dosis de 20-20-20 de N – P₂O₅ – K₂O a las parcelas del tratamiento 3 y la dosis de 40-60-40 de N – P₂O₅ – K₂O al tratamiento testigo fertilizado, utilizando Urea, Fosfato Diamónico y Sulfato de Potasio como fuentes de NPK. De manera complementaria, se realizaron las aplicaciones foliares según el estado fenológico de las plantas (Tabla 7).

TABLA 7
CRONOGRAMA DE APLICACIONES FOLIARES

Fecha	Edad del Cultivo	Producto	Dosis
21/09/2023	20	Biol	200 ml/ 20 L
01/10/2023	30		
09/10/2023	38		
14/10/2023	44	Biol	200 ml/20 L de agua
21/10/2023	50		
26/10/2023	55		
31/10/2023	60	SETT (Ca - B) + Biol	2 L/200 L–200 ml/20 L
07/11/2023	67	Biol	200 ml/ 20 L
14/11/2023	74	Biol	200 ml/ 20 L
22/11/2023	81	Oligomix	10 g/20 L
29/11/2023	90	Oligomix + Biol	10 g/20 L- 200 ml/20 L
07/12/2023	97	Oligomix + Biol	10 g/20 L – 200 ml/20 L

Riegos

Los riegos se realizaron por gravedad, utilizando agua subterránea de pozo tubular ubicado en lugar cercano al campo experimental.

La frecuencia de los riegos fue con intervalos de 12 a 15 días, con una duración aproximada de dos horas aproximadas por riego, teniendo en cuenta la etapa fenológica del cultivo, evitando el estrés hídrico.

En total se dieron nueve riegos sin considerar el riego de machaco; con un volumen de agua total aproximado de 5,000 m³. El riego de machaco tuvo una duración de cuatro horas y se aplicó con el método de inundación (Tabla 8).

TABLA 8
CRONOGRAMA DE APLICACIONES DEL RIEGO

N° de riego	Fecha	Volumen (m ³ aproximado)
Machaco	20/08/2023	800
1	17/09/2023	400
2	01/10/2023	400
3	16/10/2023	400
4	27/10/2023	500
5	06/11/2023	500
6	17/11/2023	500
7	25/11/2023	500
8	03/12/2023	500
9	16/12/2023	500
Total		5,000

Muestreo

Al observar que las plantas habían llegado a la etapa de madurez de cosecha de la vaina, mostrando aspecto y color crema pajizo y quebradizo, se procedió a realizar la cosecha de las plantas muestreadas, extrayendo las vainas de tres plantas representativas por parcela, con un porcentaje aproximado de 18% de humedad en el grano; dichas vainas se colocaron en sobres de papel identificados y fueron llevados a un ambiente seguro para completar su secado para extraer los granos o realizar el proceso de la trilla.

Cosecha

La cosecha del surco central de cada parcela se realizó el 2 de enero del 2024, a los 123 días después de la siembra, extrayendo las vainas secas en forma manual y colocándolas en bolsas de papel debidamente identificadas; las cuales se llevaron a un lugar seco y ventilado hasta bajar el porcentaje de humedad del grano y proceder a la trilla.

Trilla

La trilla se realizó el 15 de enero del 2024, extrayendo los granos en forma manual y colocándolas en bolsa de papel debidamente identificadas, quedando listas para tomar las evaluaciones de pesado del grano, por planta, por parcela y por cada repetición.

2.12 Variables evaluadas

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

- Porcentaje de emergencia (%). – Variable que se obtuvo al contar las plántulas emergidas por parcela y relacionándolas con el número de semillas sembradas.
- Longitud de la parte aérea (cm). - Al observar las plantas con sus primeras flores, se extrajeron tres plantas de cada parcela y se midió la longitud de la parte aérea, a partir del nudo o cicatriz de los cotiledones, hasta el terminal del tallo principal.
- Longitud de la parte radicular. - Tomando en cuenta las mismas tres plantas extraídas, se procedió a medir y anotar 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). - Se obtuvo contando los nódulos de las raíces de las tres plantas extraídas por parcela y se obtuvo el valor promedio respectivo.
- Peso seco de la biomasa aérea por planta (g). - Las tres plantas extraídas, se separaron en parte aérea y parte radicular; procediéndose a colocar en bolsas de papel se llevó a la estufa a temperatura constante de 70°C por 48 horas para posteriormente tomar el peso seco respectivo.
- Número de vainas por planta (unidad). - En la cosecha, se contaron las vainas de cinco plantas por parcela y se obtuvo el promedio por planta.
- Peso de 100 granos (g). - Se promedió el peso de tres muestras de 100 granos secos de cada parcela.
- Contenido de N en el grano. - Se envió 20 g de grano seco de cada parcela experimental a laboratorio especializado para el análisis del contenido de N de cada tratamiento.
- Porcentaje de granos libre de defectos (%). – Se obtuvo al contar el número de granos defectuosos de tres grupos de 100 granos tomados al azar de cada tratamiento, expresando el porcentaje de granos sanos, libre de defectos fisiológicos.
- Peso de grano por planta (g). - Se obtuvo el peso del grano de cinco plantas de cada parcela y se obtuvo el promedio respectivo.
- Peso de grano por hectárea (Kg ha^{-1}). - Se obtuvo de transformar el peso de grano por planta o sea el rendimiento unitario a rendimiento por unidad de superficie expresado en Kg ha^{-1} .

2.14 Procesamiento de la información

La información obtenida de cada dato o variable evaluada en campo y laboratorio fue organizada para ser procesada y analizada según el Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA), a través de los Análisis de varianza (ANVA), utilizando el software estadístico InfoStat estudiantil para encontrar la significación estadística entre las fuentes de variación, a través de la prueba de significación de “F” a los niveles 0.05 y 0.01 de probabilidad.

De igual manera, para la comparación de promedios de las variables en estudio, se realizó la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, al nivel 0.05 de probabilidad con el software estadístico InfoStat y se establecieron los grupos homogéneos, así como el orden de mérito relativo.

Se obtuvo además la desviación estándar, el coeficiente de variación y los promedios respectivos de cada variable evaluada.

III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de los análisis de varianza y prueba de comparaciones de promedios realizados.

3.1 Longitud de la parte aérea de la planta

En el análisis de varianza realizado para la longitud de la parte aérea de la planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 6.43 % (Tabla 9).

TABLA 9

ANALISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DE LA PARTE AÉREA DE LA PLANTA EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	114.07	16.22 NS	1.65	2.901	4.556
Repeticiones	3	15.7	22.81 NS	2.32	3.287	5.417
Error experimental	15	147.27	5.23			
Total	23	277.03				
$\frac{S}{X} = 1.567$		C.V. (%) = 6.43 %		$\bar{X}_g = 48.74 \text{ cm}$		

NS. - No existe diferencia significativa.

TABLA 10

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LA LONGITUD DE LA PARTE AÉREA DE LA PLANTA EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Nº	Tratamientos	Longitud de la parte aérea		
		Promedio (cm)	Duncan 0.05	Orden de Mérito
3	<i>Bacillus</i> sp.+ <i>Bradyrhizobium</i> + E. A. M.+20-20-20 NPK	51.29	a	1°
2	<i>Bacillus</i> sp.+ <i>Bradyrhizobium</i> +Extracto de algas marinas	50.04	a	1°
5	Testigo fertilizado NPK	50.02	a b	1°
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	49.59	a b	1°
4	Extracto de algas marinas (E.A.M.)	45.96	a b	1°
6	Testigo absoluto	45.54	b	2°

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se observa que cinco tratamientos se ubicaron en el primer lugar, desde el tratamiento 3(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Extracto de algas

marinas + 20-20-20 NPK) con 51.29 cm hasta el tratamiento 4(Extracto de algas marinas) con 45.96 cm de longitud de la parte aérea como valores extremos incluyendo el testigo fertilizado NPK; mientras que solamente el Testigo absoluto se ubicó en el segundo lugar con 45.54 cm de longitud de la parte aérea por planta, en promedio (Tabla 10)

3.2 Longitud de la parte radicular de la planta

En el análisis de varianza realizado para la longitud de la parte radicular de la planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, se encontró diferencia significativa entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 6.8 % (Tabla 11).

TABLA 11

ANALISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DE LA PARTE RADICULAR DE LA PLANTA EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	77.07	15.41 NS	2.80	2.901	4.556
Repeticiones	3	57.01	19 *	3.45	3.287	5.417
Error experimental	15	82.51	5.5			
Total	23	216.58				
$S_{\bar{X}} = 1.172$		C.V. (%) = 6.8 %		$\bar{X}_g = 34.75 \text{ cm}$		

NS. - No existe diferencia significativa.

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

TABLA 12

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LA LONGITUD DE LA PARTE RADICULAR DE LA PLANTA EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Nº	Tratamientos	Longitud de la parte radicular		
		Promedio (cm)	Duncan 0.05	O. M.
2	(<i>Bacillus</i> sp.+ <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + E.A.M.	37.45	a	1°
1	(<i>Bacillus</i> sp.+ <i>Bradyrhizobium</i> sp.)	36.38	a b	1°
3	(<i>Bacillus</i> sp.+ <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + E.A.M.+20-20-20 NPK	35.40	a b	1°
5	Testigo fertilizado NPK	33.73	b	2°
4	Extracto de algas marinas	32.95	b	2°
6	Testigo absoluto	32.60	b	2°

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se observa que tres tratamientos se ubicaron en el primer lugar, desde el tratamiento 2(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) + Extracto de algas marinas, 1(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) y 3(*Bacillus* sp.+*Bradyrhizobium* sp.) + E.A.+20-20-20 NPK con 37.45; 36.38 y 35.40 cm en promedio, respectivamente, seguidos del 5(Testigo fertilizado NPK), 4(Extracto de algas marinas) y 6(Testigo absoluto) con 33.73; 32.95 y 32.60 cm en promedio, respectivamente de longitud de la parte radicular (Tabla 12).

3.3 Número de nódulos por planta

En el análisis de varianza de la raíz cuadrada del número de nódulos por planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 16.1 % (Tabla 13).

TABLA 13

ANALISIS DE VARIANZA DE LA RAZ CUADRADA DEL NÚMERO DE NÓDULOS POR PLANTA EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	3.48	0.7 NS	1.63	2.901	4.556
Repeticiones	3	1.12	0.37 NS	0.87	3.287	5.417
Error experimental	15	6.42	0.43			
Total	23	11.01				
$\frac{S}{X} = 0.328 \quad C.V. = 16.1 \% \quad \bar{X}_g = 4.06/17 \text{ nódulos}$						

NS. - No existe diferencia significativa.

TABLA 14

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL NÚMERO DE NÓDULOS POR PLANTA EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

N°	Tratamientos	Número de nódulos por planta			
		Promedio		Duncan	O. M.
		($\sqrt{}$)	(unidad)		
3	(<i>Bacillus</i> sp.+ <i>Bradyrhizobium</i> sp.)+E.A.M.+20-20-20 NPK	4.88	24.8	a	1°
6	Testigo absoluto	4.05	16.5	a b	1°
2	(<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + E.A.M.	4.03	16.3	a b	1°
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	3.95	15.7	a b	1°
4	Extracto de algas marinas	3.75	14.5	b	2°
5	Testigo fertilizado NPK	3.75	14.0	b	2°

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de nódulos por planta, se observa que cuatro tratamientos se ubicaron en el primer lugar presentando un grupo homogéneo sin diferencia estadística significativa entre ellos, siendo 3(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) + 20-20-20 NPK, 6(Testigo absoluto), 2((*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) + E.A.M. y 1(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), con 24.8; 16.5; 16.3 y 15.7 nódulos por planta, en promedio, respectivamente. Seguidamente, en segundo lugar, se ubicaron los tratamientos 4(Extracto de algas marinas) y el 5(Testigo fertilizado NPK) con 14.5 y 14.0 nódulos por planta, en promedio, respectivamente (Tabla 14).

3.4 Peso seco de la biomasa aérea por planta

En el análisis de varianza realizado para peso seco de la biomasa aérea por planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 20.38 % (Tabla 15).

TABLA 15

ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE LA BIOMASA AÉREA POR PLANTA EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	100.96	20.19 NS	1.61	2.901	4.556
Repeticiones	3	48.27	16.09 NS	1.28	3.287	5.417
Error experimental	15	188.3	12.55			
Total	23	337.53				
$\frac{S}{X} = 1.77$		C.V. = 16.7 %		$\bar{X}_g = 21.23 \text{ g}$		

NS. - No existe diferencia significativa.

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la biomasa aérea por planta, se observa que se ha conformado un solo grupo homogéneo, sin diferencia estadística significativa entre todos los tratamientos, destacando el 5(Testigo fertilizado NPK) con 23.13 g en promedio; seguido de 1(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 3(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.)+E.A.M. +20-20-20 NPK, 2(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) + E.A.M., 4(Extracto de algas marinas) y 6(Testigo absoluto) con 22.55; 22.3; 22.3; 19.83 y 17.28 gramos de peso seco de la biomasa aérea por planta, en promedio, respectivamente (Tabla 16).

TABLA 16

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO SECO DE LA BIOMASA AÉREA POR PLANTA EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

N ^o	Tratamientos	Peso seco de la biomasa aérea por planta		
		Promedio (g)	Duncan 0.05	O. M.
5	Testigo fertilizado NPK	23.13	a	--
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	22.55	a	--
3	(<i>Bacillus</i> sp.+ <i>Bradyrhizobium</i> sp.)+E.A.M.+20-20-20 NPK	22.30	a	--
2	(<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.) + E.A.M.	22.30	a	--
4	Extracto de algas marinas	19.83	a	--
6	Testigo absoluto	17.28	a	--

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

3.5 Peso de seco de la biomasa radicular

En el análisis de varianza realizado para el peso seco de la biomasa radicular por planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 14.72 % (Tabla 17).

TABLA 17

ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE LA BIOMASA RADICULAR POR PLANTA EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	1.66	0.33 NS	2.22	2.901	4.556
Repeticiones	3	0.26	0.09 NS	0.58	3.287	5.417
Error experimental	15	2.25	0.15			
Total	23	4.17				
$S_{\bar{X}}$		= 0.194	C.V. = 14.72 %		$\bar{X}_g$ = 2.63 g	

NS. - No existe diferencia significativa.

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para el peso seco de la biomasa radicular, se observa que en el primer lugar se ubicaron los tratamientos 3(*Bacillus* sp.+*Bradyrhizobium* sp. + E. A.M. + 20-20-20 NPK), 5(Testigo fertilizado NPK), 1(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) y 2(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + E.A.M.) con 3.04, 2.81, 2.74 y 2.57 g de peso seco de la biomasa radicular por planta, en promedio, respectivamente; en el segundo lugar se ubicaron los

tratamientos 4(Extracto de algas marinas) y 6(Testigo absoluto) con 2.39 y 2.25 g de peso seco de la biomasa radicular por planta, respectivamente (Tabla 18).

TABLA 18

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO SECO DE LA MASA RADICULAR POR PLANTA EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Nº	Tratamientos	Peso seco de la biomasa radicular por planta		
		Promedio (g)	Duncan 0.05	O. M.
3	<i>Bacillus</i> sp.+ <i>Bradyrhizobium</i> sp.+ E.A.M + 20-20-20 NPK	3.04	a	1°
5	Testigo fertilizado NPK	2.81	a b	1°
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	2.74	a b	1°
2	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp. + E. A. M.	2.57	a b	1°
4	Extracto de algas marinas	2.39	b	2°
6	Testigo absoluto	2.25	b	2°

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

3.6 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 y entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 10.92 % (Tabla 19).

TABLA 19

ANALISIS DE VARIANZA DEL NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	76.98	15.4 *	3.87	2.901	4.556
Repeticiones	3	63.2	21.07*	5.29	3.287	5.417
Error experimental	15	59.75	3.98			
Total	23	199.93				
$S_{\bar{X}}$		= 0.997	C.V. = 10.92 %	$\bar{X}_g =$	18.27 vainas	

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

TABLA 20

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Nº	Tratamientos	Número de vainas por planta		
		Promedio (unidad)	Duncan 0.05	O.M.
2	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp. + Extracto de algas	20.4	a	1°
3	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.+E. de A.+20-20-20 NPK	19.4	a	1°
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	19.3	a	1°
4	Extracto de algas	18.23	a	1°
5	Testigo NPK	17.45	a b	1°
6	Testigo absolute	14.85	b	2°

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se observa que todos los tratamientos solos y combinados incluyendo al testigo fertilizado, se ubicaron en el primer lugar con 20.4, 19.4, 19.3, 18.23 y 17.45 vainas por planta en promedio, superando significativamente al testigo absoluto que se ubicó en el segundo lugar con 14.85 vainas por planta en promedio (Tabla 20).

3.7 Peso de 100 granos

En el análisis de varianza realizado para el peso de 100 granos, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos ni entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 3.97 % (Tabla 21).

TABLA 21

ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO DE 100 GRANOS EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	428.55	85.71NS	1.82	2.901	4.556
Repeticiones	3	25.59	8.53NS	0.18	3.287	5.417
Error experimental	15	706.33	47.09			
Total	23	1160.47				
$\frac{S}{X} = 3.431$		C.V. = 3.97 %		$\bar{X}_g = 172.83 \text{ g}$		

NS. - No existe diferencia significativa.

TABLA 22

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO DE 100 GRANOS EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Nº	Tratamientos	Peso de 100 granos		
		Promedio (g)	Duncan 0.05	Orden de Mérito
5	Testigo fertilizado NPK	179.38	a	1°
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	175.26	a	1°
2	(<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.+E. A. M.	172.67	a b	1°
4	Extracto de algas marinas	172.46	a b	1°
3	(<i>Bacillus</i> sp.+ <i>Bradyrhizobium</i> sp.+E.A.M.+20-20-20 NPK	171.94	a b	1°
6	Testigo absoluto	165.25	b	2°

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan se observa que todos los tratamientos aplicados solos y combinados incluyendo al testigo fertilizado, se ubicaron en el primer lugar con 179.38, 175.26, 172.67, 172.46 y 171.94 g en 100 granos en promedio, superando significativamente al testigo absoluto que se ubicó en el segundo lugar con 165.25 g en 100 granos en promedio (Tabla 22).

3.8 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 los tratamientos en estudio, ni entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 8.48% (Tabla 23).

TABLA 23

ANALISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO EN EL GRANO EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	0.48	0.10 NS	1.37	2.901	4.556
Repeticiones	3	0.28	0.09 NS	1.34	3.287	5.417
Error experimental	15	1.05	0.07			
Total	23	1.8				
$\frac{S}{X} = 0.132$		C.V. = 8.48%		$\bar{X}_g = 3.12\%$		

NS. - No existe diferencia significativa.

TABLA 24

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO EN EL GRANO EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Nº	Tratamientos	Contenido de Nitrógeno en el grano		
		Promedio (%)	Duncan 0.05	Orden de Mérito
5	Testigo NPK	3.38	a	--
6	Testigo absoluto	3.19	a	--
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	3.12	a	--
2	(<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp. + E. de A.	3.06	a	--
4	Extracto de algas	2.98	a	--
3	(<i>Bacillus</i> sp.+ <i>Bradyrhizobium</i> sp.+E. de A.+20-20-20 NPK	2.96	a	--

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, para el contenido de Nitrógeno en el grano, se observa que todos los tratamientos mantuvieron un promedio estadísticamente similar; es decir las pequeñas diferencias en los valores hallados, no fueron significativamente diferentes desde 3.38% para el testigo fertilizado con NPK hasta 2.96% para el tratamiento combinado que recibió rizobacterias, extracto de algas y la dosis baja de NPK 20-20-20 (Tabla 24).

3.9 Peso de grano por planta

En el análisis de varianza realizado para peso de grano por planta, se ha encontrado diferencia altamente significativa entre los tratamientos en estudio, sin diferencia significativa entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variación de 12.71 % (Tabla 25).

TABLA 25

ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO DE GRANO POR PLANTA EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	1136.11	227.22 *	2.74	2.901	4.556
Repeticiones	3	974.47	324.82 *	3.92	3.287	5.417
Error experimental	15	1243.23	82.88			
Total	23	3353.81				
$\frac{S}{X}$	= 4.552		C.V. = 12.71%	$\bar{X}_g =$	71.63 g	

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

TABLA 26

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE PESO DE GRANO POR PLANTA EN LA RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE RIZOBACTERIAS Y EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS DEL PALLAR PRECOZ EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA.

Nº	Tratamientos	Peso de grano por planta		
		Promedio (g)	Duncan 0.05	O.M .
2	(<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp. + E. A. M.)	78.02	a	1°
1	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	76.48	a	1°
3	(<i>Bacillus</i> sp.+ <i>Bradyrhizobium</i> sp.+E. A. M.+20-20-20 NPK)	74.77	a	1°
4	Extracto de algas marinas	72.92	a	1°
5	Testigo fertilizado NPK	70.32	a b	1°
6	Testigo absoluto	57.26	b	2°

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

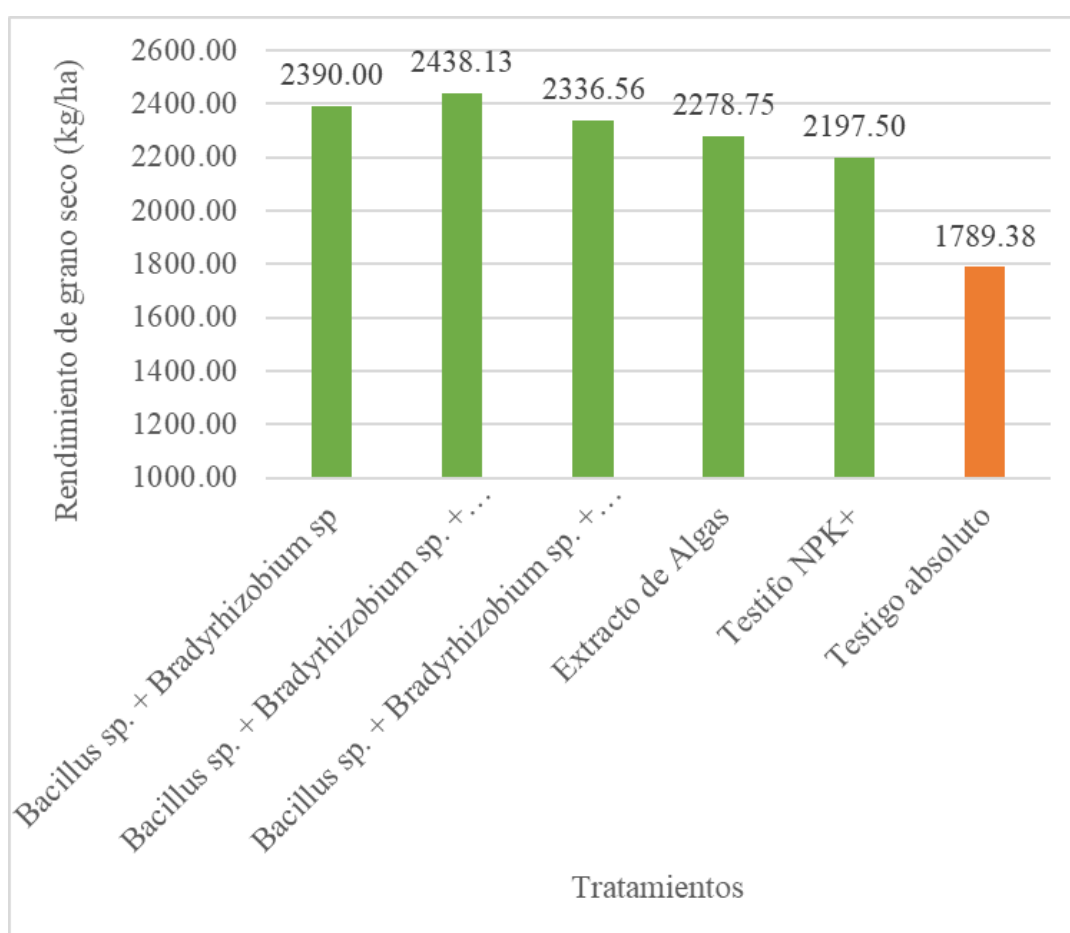


Fig. 2: Gráfico del rendimiento de grao seco estimado por unidad de superficie

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para el rendimiento unitario se observa que todos los tratamientos incluido el testigo fertilizado con NPK conformaron un mismo grupo homogéneo con promedios similares ubicándose en el primer lugar destacando con mayores valores numéricos los tratamientos 2(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Extracto de algas marinas), 1(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) y 3(*Bacillus* sp.+*Bradyrhizobium* sp.+Extracto de algas marinas +20-20-20 NPK) con 78.02, 76.48 y 74.77 g de grano por planta, equivalentes a 2,438.13; 2,390.00 y 2,336.56 kg ha⁻¹ de grano seco, seguidos de los tratamientos 4(Extracto de algas marinas) y 5(Testigo fertilizado NPK) que obtuvieron 72.92 y 70.32 g de grano por planta, equivalentes a 2,278.75 y 2,197.50 kg ha⁻¹ de grano seco; solamente el testigo absoluto se ubicó en el segundo lugar con un rendimiento unitario de 57.26 g de grano por planta, equivalente a 1,789.38 kg ha⁻¹ de grano seco (Tabla 26), (Fig.2).

IV. DISCUSION

El presente trabajo de investigación realizado en el cultivo de pallar Precoz, menestra emblemática de la región Ica y el país tiene gran importancia para la seguridad alimentaria; por lo que se hace necesario que los agricultores productores de pallar conozcan y utilicen algunas prácticas innovadoras como la biofertilización o el uso de bioestimulantes ya que se tienen numerosas experiencias exitosas en otros cultivos alimenticios y agroindustriales. Teniendo en cuenta que además de su importancia para la alimentación humana, juega un rol importante en un plan de rotación como cultivo de ciclo corto ya que aporta materia orgánica al suelo y se provee de su propio nitrógeno a través del proceso de simbiosis que realiza con las bacterias de los géneros *Rhizobium* o *Bradyrhizobium*; por lo que se le considera mejorador del suelo también. Razones que justifican el tema de la presente investigación que se pone a disposición de los agricultores con la finalidad de contribuir con sus mejores prácticas agrícolas en la zona baja del valle de Ica.

4.1 Características del suelo del campo experimental

El suelo del campo experimental, según el análisis realizado es de textura Franco arenoso (Fco Ao), con mediana capacidad retentiva de agua y nutrientes; de reacción moderadamente alcalina, con muy bajo contenido de materia orgánica y bajo contenido de nitrógeno; conductividad eléctrica baja aunque ligeramente salino, con contenido alto de fósforo, capacidad de intercambio catiónico media, con predominancia de los iones Calcio y Magnesio; condiciones que podrían limitar el desarrollo normal del pallar de producirse otros factores negativos como estrés hídrico o fuertes vientos; sobre todo teniendo en cuenta que a partir del mes de setiembre en que se produjo la siembra, las temperaturas inician un progresivo incremento hacia la etapa de primavera-verano. Razones por las que hubo especial cuidado en la provisión de riegos frecuentes; con lo que se garantizó el buen funcionamiento de los productos biotecnológicos utilizados como las rizobacterias y el extracto de algas marinas. Sobre las condiciones de suelo, Vásquez [24] indica que el pallar es un cultivo poco exigente en calidad de suelos, ya que prospera bien en suelos profundos, fértiles, de textura media o ligera, bien drenados, aunque son los suelos francos o arenos-arcillosos los más aparentes para este cultivo.

Las condiciones de suelo del campo experimental coinciden con lo reportado por [18] y [40] quienes realizaron sus investigaciones en el distrito de Salas Guadalupe en un suelo de textura Franco, ligeramente alcalino, salinidad media y bajo contenido de materia orgánica y Nitrógeno; mientras que Foronda [41] en el distrito de Subtanjalla, señala que realizó su investigación en un suelo de textura Franco Arenoso, reacción ligeramente alcalina, muy ligeramente salino, bajo porcentaje de materia orgánica y Nitrógeno; siempre con resultados satisfactorios en los tratamientos con aplicaciones biotecnológicas incluyendo el testigo fertilizado, superando significativamente al testigo absoluto.

4.2 Condiciones meteorológicas durante el ciclo del estudio

El ciclo del cultivo se desarrolló de setiembre 2023 a enero 2024, condiciones ambientales algo drásticas para el pallar en la zona baja del valle de Ica, distinta a la etapa en que tradicionalmente se siembra esta menestra en las zonas productoras de la región Ica que generalmente es entre los meses de marzo y abril.

Durante la siembra que fue en setiembre la temperatura media fue 19.7°C siendo favorable para la germinación y emergencia de las plantas; continuando en ascenso progresivo hasta los 25.9°C en el mes de enero del 2024. Durante el mes de octubre en que las plantas presentaron floración, la temperatura media llegó a 22.9°C, lo que deja en evidencia que la temperatura máxima superó los 28°C, lo que habría generado disminución en el cuajado o caída de vainas en formación, con la consecuente disminución del rendimiento. Los resultados obtenidos al final del ciclo del cultivo señalan que el pallar precoz en estudio tiene un nivel de tolerancia bastante aceptable; por lo que se puede sembrar dos veces al año.

SENAMHI [42], informa que el año 2023, se caracterizó porque en Ica se registraron anomalías térmicas significativas, con temperaturas máximas por encima de lo normal y una mayor presencia de neblina y humedad; que el Fenómeno El Niño (ENFEN) mantuvo una alerta de El Niño Costero débil, con aguas oceánicas cálidas que intensificaron la humedad y las condiciones cálidas durante el otoño e invierno. Condiciones similares a las reportadas por Franco [43], quien realizó un estudio comparativo de nuevas líneas de pallar precoz en el distrito de Ocucaje, con resultados bastantes satisfactorios a pesar de las condiciones drásticas de condiciones climáticas, sobre todo de las temperaturas.

Las plantas presentaron un excelente porcentaje de emergencia, por lo que no fue necesario realizar resiembra ya que se contaba con semilla vigorosa seleccionada de reciente cosecha.

4.3 Longitud de la parte aérea de la planta (cm)

La evaluación de la longitud de la parte aérea de la planta presentó los mayores promedios para los tratamientos en que se combinaron rizobacterias con el extracto de algas marinas y dosis baja de NPK (20-20-20); rizobacterias con extracto de algas marinas y el testigo fertilizado con 40-60-40 de NPK con valores de 51.29, 50.04 y 50.02 cm, en promedio, respectivamente, seguidos de cerca por la aplicación sólo de rizobacterias, y la aplicación sólo de extracto de algas marinas; superando al testigo absoluto que alcanzó a medir 45.54 cm de longitud de la parte aérea.

Cuando se aplica *Bradyrhizobium* sp.+ *Bacillus* sp., la planta recibe dos tipos de estímulos: por un lado, una mayor fijación biológica de N para síntesis de proteínas, clorofila e incremento de follaje y, por otro lado, una mayor posibilidad de aprovechar el Fósforo por una mejor asimilación, además de la producción de fitohormonas que estimulan la división y elongación celular. Con la aplicación de extracto de algas marinas se incrementan las fitohormonas naturales (citoquininas, auxinas, ácido abscísico), así como algunos

micronutrientes. Y en el caso del testigo fertilizado NPK, la planta tuvo nutrientes disponibles para un buen crecimiento y desarrollo. Por lo que todos los tratamientos mencionados superaron en promedio no significativo al testigo absoluto; lo que indica que la longitud de la parte aérea fue bastante similar ya que se trata de un solo cultivar de pallar precoz que respondió de manera similar a las condiciones de suelo y clima de la zona baja del valle de Ica.

4.4 Longitud de la parte radicular de la planta (cm)

La longitud de la parte radicular de la planta presentó los mayores promedios para los tratamientos en que se combinaron rizobacterias con extracto de algas marinas, rizobacterias (*Bradyrhizobium* sp. + *Bacillus* sp.) y rizobacterias con extracto de algas marinas y dosis baja de NPK (20-20-20); con valores de 37.45, 36.38 y 35.40 cm, en promedio, respectivamente, seguidos del testigo fertilizado con 40-60-40 de NPK, aplicación solo de Extracto de algas marinas y el testigo absoluto que alcanzaron a medir 33.73, 32.95 y 32.60 cm de longitud de la parte radicular en promedio, respectivamente.

El efecto de la aplicación de los productos biotecnológicos combinados fue mayor que cuando se aplicó sólo el extracto de algas marinas y ambos testigos considerados.

De la misma manera que en la longitud de la parte aérea, los resultados son bastante similares porque se trata de plantas de un mismo cultivar que respondieron a condiciones similares de suelo, clima y manejo agronómico.

4.5 Número de nódulos por planta (unidad)

Los tratamientos que se aplicaron a las plantas de pallar precoz respondieron de diferente manera, aunque estadísticamente sin diferencia significativa; con una variación desde 24.8 nódulos por planta para el tratamiento combinado que recibió Rizobacterias + Extracto de algas marinas + 20-20-20 de NPK, hasta 14 nódulos por planta para el testigo fertilizado con 40-60-40 de NPK que obtuvo el menor valor. Cabe anotar que el testigo absoluto obtuvo 16.5 nódulos por planta, correspondiente a cepas nativas del género *Rhizobium* o *Bradyrhizobium* que proliferan en los suelos donde se siembra pallar y juegan un rol importante en la fijación biológica de Nitrógeno.

Estos valores son superiores a los reportados por Barrientos y Guillén [40] quienes en el distrito de Salas en siembra de primavera veranos obtuvieron 7.06 nódulos por planta con el tratamiento inoculado y 2.9 nódulos por planta para el testigo fertilizado; siendo algo similares a los reportados por Foronda [41] en su estudio en el distrito de Subtanjalla con riego por goteo en siembra de mayo, obtuvo valores de 31.50, 23.0 y 22.50 nódulos por planta para los tratamientos inoculados y el testigo absoluto, mientras que el menor valor fue para el testigo fertilizado NPK con 10.75 nódulos por planta. La formación de nódulos está regulada por la planta y puede ser inhibida por diversos factores externos, como el pH

del suelo, condiciones extremas de temperaturas, estrés hídrico o anegamiento, perjudicando económicamente al cultivo como señala Ferguson [44].

4.6 Peso seco de la biomasa aérea de la planta (g)

Los tratamientos en los que se consideró la inoculación con rizobacterias, solas o combinadas con extracto de algas marinas con dosis baja de fertilizantes NPK, junto con el testigo fertilizado alcanzaron los mayores promedios desde 23.13 a 22.33 g de peso seco de la biomasa aérea, aunque sin diferencia significativa superaron al tratamiento que utilizó sólo extracto de algas y al testigo absoluto que alcanzaron 19.83 y 17.28 g de peso seco de la biomasa aérea, respectivamente.

Estos resultados son superiores a los reportados por Barrientos y Guillén [40] quienes en siembra de octubre obtuvieron valores muy bajos entre 4.67 y 4.38 g para los tratamientos inoculados con *Bacillus* sp. combinando *Bacillus* sp + *Bradyrhizobium* sp, y el testigo fertilizado, correspondientes a plantas con escaso follaje y poca altura de planta como efecto de la fecha de siembra y del sistema de riego tecnificado por goteo. Por otro lado, en siembra de mayo Foronda [41] señala que logró plantas frondosas cuyo peso seco de la biomasa aérea estuvo entre 46.94 y 37.02 g para todos los tratamientos aplicados incluyendo el testigo fertilizado que superaron significativamente al testigo absoluto que alcanzó a 32.93 g de peso seco de la biomasa aérea. La variación que se observa en los diferentes estudios realizados refleja el efecto de la fecha de siembra, del manejo agronómico, las condiciones ambientales y el aspecto fitosanitario del mismo cultivo de pallar precoz, evaluado.

El peso seco de la biomasa aérea conformada por hojas, tallos, vainas, es un indicador fisiológico clave porque cuanto mayor es el peso seco, mayor fue la actividad fotosintética y el crecimiento de la planta; nos dice cómo la planta ha aprovechado el agua, la luz y los nutrientes disponibles y por supuesto que se relaciona con el rendimiento, ya que una biomasa aérea robusta suele correlacionarse con mayor número y tamaño de vainas, aunque no siempre de forma lineal.

4.7 Peso seco de la biomasa radicular de la planta (g)

Tal como ocurrió con el peso seco de la biomasa aérea de la planta de pallar precoz, en este caso, los tratamientos encabezados por la combinación de rizobacterias + extracto de algas marinas + 20-20-20 de fertilizante NPK, el testigo fertilizado NPK, rizobacterias y rizobacterias + extracto de algas marinas, presentaron los mayores promedios desde 3.03 a 2.57 g de peso seco de la biomasa radicular por planta, superando aunque sin diferencia significativa al tratamiento de Extracto de algas marinas y al Testigo absoluto que lograron 2.39 y 2.25 g de peso seco de la biomasa radicular, respectivamente, siendo los menores valores obtenidos.

De igual manera, los resultados presentados por Barrientos y Guillén [40], son menores a los del presente estudio, en siembra de octubre se refieren a plantas de escaso sistema radicular

por efecto del clima muy cálido, altas temperaturas, riego por goteo que, sin embargo, siguen la tendencia de presentar los mayores valores con los tratamientos con rizobacterias y el testigo fertilizado superando al testigo absoluto. Por su parte Foronda [41], presentan mayores valores que los del presente estudio, en su investigación realizada en siembra de mayo obteniendo con plantas de muy buen sistema radicular cuyos pesos secos superan a los del presente estudio. El peso seco de la biomasa radicular refleja la capacidad de exploración del suelo para captar agua y nutrientes, ya que un sistema radicular más robusto suele correlacionarse con mayor tolerancia al estrés hídrico y nutricional.

4.8 Número de vainas por planta (unidad)

En esta variable importante para el rendimiento si bien no se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados por tratarse de un mismo cultivo de pallar precoz, es interesante resaltar que todos los tratamientos aplicados, incluyendo el testigo fertilizado, lograron los mayores promedios desde 20.4 vainas por planta para el tratamiento combinado de Rizobacterias (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) + Extracto de algas marinas, hasta 17.40 vainas por planta para el testigo fertilizado con NPK, que superaron al testigo absoluto que sólo alcanzó 14.85 vainas por planta, en promedio..

Estos resultados son similares a los obtenidos por Barrientos y Guillen [40], quienes obtuvieron valores extremos desde su tratamiento inoculado con *Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. con 23.90 vainas por planta hasta 21.68 vainas por planta para el testigo absoluto, en siembra de primavera-verano, con riego por goteo, en el distrito de Salas-Guadalupe; mientras que Foronda [41], en siembra de otoño-invierno con riego por goteo, en Subtanjalla, alcanzó valores inferiores a los del presente estudio, desde 19.21 vainas por planta con su tratamiento inoculado con *Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp, hasta 15.74 vainas por planta para el tratamiento fertilizado con NPK. Por otro lado, Huaribay [45] en siembra de mayo, obtuvo mayores resultados con sus tratamientos a base de rizobacterias (*Bacillus* sp, *Rhizobium* sp y *Bradyrhizobium* sp.) combinados con un bioestimulante incluyendo el testigo fertilizado con NPK, en golpes de dos plantas obtuvieron 31.17, 30.42, 29.92, 28.33 y 27.83 vainas en promedio, respectivamente; mientras que el testigo absoluto obtuvo 24.75 vainas en promedio.

Resultados que demuestran la importancia del efecto que causa la aplicación de biofertilizantes como inoculación con rizobacterias o aplicaciones foliares de bioestimulantes, solos y combinados; además de la fertilización con NPK en la formación de órganos reproductivos y vainas por planta; con lo cual se hace posible lograr la disminución de la fertilización sintética o su reemplazo definitivo.

4.9 Peso de 100 granos (g)

El peso de 100 granos es un indicador importante de otro de los componentes del rendimiento ya que un grano bien conformado, bien nutrido logra tener mayor peso que los granos que

no recibieron una buena nutrición; y aunque sin diferencia estadística significativa por tratarse de granos de un mismo cultivar de pallar precoz, se tiene que los tratamientos que consistieron en la aplicación de rizobacterias solas o combinadas con el extracto de algas, con dosis baja de NPK y el testigo fertilizado con NPK, obtuvieron 179.38, 175.26, 172.67, 172.46 y 171.94 g en 100 granos en promedio, superando al testigo absoluto que sólo obtuvo 165.25 g en 100 granos en promedio.

Estos resultados son muy similares a los obtenidos por Barrientos y Guillén [40], quienes en el mismo cultivar, en siembra de primavera-verano lograron valores entre 176.60 a 169.60 g en 100 granos en el distrito de Salas-Guadalupe; a su vez, los resultados obtenidos por Foronda [41], son ligeramente inferiores a los del presente estudio, con valores entre 167.64 y 164.17 g en 100 granos para los tratamientos inoculados; mientras que el testigo fertilizado y testigo absoluto sólo alcanzaron 155.57 y 155.06 g en 100 granos, respectivamente. De manera diferente, Huaribay [45], encontró valores superiores a los del presente estudio desde 212.0, 207.50, 200.08, 200.00, 194.83, 190.33 y 189.17 g en 100 granos, en sus diferentes tratamientos evaluados.

4.10 Contenido de Nitrógeno en el grano (%)

En cuanto al contenido de Nitrógeno en el grano, al tratarse de un mismo cultivar de pallar precoz no se ha encontrado diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados, con valores entre 3.38 a 2.96 % de Nitrógeno en el grano, que está directamente relacionado con el contenido de proteína en el grano, que en este caso osciló entre 21 y 19 %, considerado normal para leguminosas como el pallar.

Con respecto al contenido de Nitrógeno en el grano, Barrientos y Guillén [40], reportan que todos los tratamientos conteniendo rizobacterias incluyendo al testigo fertilizado con NPK, obtuvieron valores entre 4.01 y 4.06 % de Nitrógeno equivalentes a 25 % de proteína, considerado un alto valor para el pallar; mientras que el testigo absoluto obtuvo 3.99 % de Nitrógeno equivalente a 24.9 % de proteína, siendo también un valor alto para pallar. En siembra de mayo, Foronda [42], reporta valores por debajo de diferentes investigaciones realizadas desde 2.75 a 2.61 % de Nitrógeno equivalentes a 17.19 y 16.31 % de proteína, considerado bajo para el pallar. De manera similar Huaribay [45] y Foronda [41], reportan valores inferiores a los de la presente investigación con un rango de 2.65 a 2.46 % equivalente a 16.56 a 15.38 % de proteína en el grano; valores que se consideran fuera de la regla para esta leguminosa.

En el pallar, el nitrógeno no solo es determinante para el rendimiento, sino también para la calidad del grano, ya que está directamente relacionado con el contenido de proteína. Por ello, un manejo adecuado del nitrógeno y de la fijación biológica se traduce en granos con mayor valor nutricional y funcional.

4.11 Peso de grano por planta (g)

El peso de grano por planta es la variable cuantitativa que indica el potencial de rendimiento productivo unitario, que muestra la acción de todos los factores que han tenido alguna influencia en su expresión; en el presente estudio, refleja la respuesta a la aplicación de las rizobacterias que fueron inoculadas a la semilla en la siembra, a la aplicación foliar del extracto de algas marinas, o a la aplicación adicional de dosis baja de fertilizante NPK (20-20-20) en condiciones adversas para el cultivo de pallar que tradicionalmente se siembran en temporada de febrero a abril.

En la presente investigación bajo las condiciones de clima y suelo de la zona baja del valle de Ica, el pallar Precoz ha demostrado su adaptabilidad, su tolerancia a las condiciones adversas descritas en siembra de setiembre, que a pesar de las temperaturas en ascenso superiores a 28° C no produjo caída de flores, por lo que no generó disminución significativa del rendimiento de vainas y granos.

Destacaron los tratamientos 2(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. + Extracto de algas marinas), 1(*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) y 3(*Bacillus* sp.+*Bradyrhizobium* sp.+Extracto de algas marinas.+20-20-20 NPK) con rendimientos de 78.02, 76.48 y 74.77 g de grano por planta, equivalentes a 2,438.13; 2,390.00 y 2,336.56 kg ha⁻¹ de grano seco de los cinco que lograron buen rendimiento; mientras que el testigo absoluto obtuvo el menor rendimiento con 57.26 g de grano por planta, equivalente a 1,789.38 kg ha⁻¹ de grano seco. Un antecedente interesante es el que presentan Barrientos y Guillén [40] quienes también en siembra en temporada similar en la zona media del valle de Ica, con riego por goteo con el mismo cultivar de pallar precoz, obtuvieron valores extremos en rendimiento de 2,784.67 a 2,574.67 kg ha⁻¹ de grano seco para todos sus tratamientos; por otro lado Foronda [41] en la zona media del valle de Ica en siembra de mayo con la línea de pallar precoz PPD 118-2013 con riego por goteo y también utilizando rizobacterias y extracto de algas marinas, obtuvo rendimientos entre 2 742.39 y 2 476.47 kg ha⁻¹, ligeramente superiores a los del presente estudio; así como Huaribay [45] en siembra de mayo, con riego por goteo, con la línea de pallar precoz PPD 162-1-2013, aplicando rizobacterias y un bioestimulante foliar obtuvo rendimientos desde 72.97 g por planta, equivalente a 3,040.52 kg/ha de grano seco de pallar precoz para la mejor combinación de rizobacterias con Aminoterra, hasta 58.50 g por planta, equivalente a 2,437.60 kg/ha para el testigo absoluto.

Por lo que se concluye que para incrementar el rendimiento de grano por unidad de superficie no es necesario incrementar las dosis de fertilizantes sintéticos sobre todo los nitrogenados, sino que es mucho más beneficioso utilizar productos biotecnológicos como las rizobacterias (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), extractos de algas marinas y otros bioestimulantes, que son productos más amigables con el ambiente y se pueden lograr cosechas más saludables, además de contribuir con la recuperación de la salud del suelo.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio vienen a ser la respuesta del cultivo de pallar precoz a las condiciones de suelo y clima de la zona baja del valle de Ica, lo que permite llegar a las siguientes conclusiones:

- ❖ El pallar Precoz demostró buena adaptación a la zona baja del valle de Ica en condiciones agroclimáticas de primavera-verano, en que las variedades tradicionales normalmente no se cultivan por el efecto perjudicial de las altas temperaturas.
- ❖ La aplicación de rizobacterias solas o combinadas, tuvo efecto positivo en el rendimiento y sus principales componentes en el pallar Precoz, superando al testigo absoluto, destacando el tratamiento (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp) + Extracto de algas marinas con 2,438.13 kg ha⁻¹ de grano seco; seguido del tratamiento (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) con 2,390.0 kg ha⁻¹ y (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) +20-20-20 de NPK con 2,336.56 kg ha⁻¹.
- ❖ La aplicación de las rizobacterias y extracto de algas marinas de manera combinada tuvo efecto positivo en las variables morfoagronómicas como longitud, peso seco de la biomasa aérea y radicular del pallar Precoz, en la zona baja del valle de Ica, superando al testigo absoluto.
- ❖ La aplicación individual del extracto de algas marinas no mostró efecto significativo en el rendimiento ni en los principales caracteres morfoproductivos del pallar Precoz; por el contrario, estuvo muy cerca de la respuesta del testigo absoluto, con los más bajos valores promedios.

VI. RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos y las conclusiones a las que se ha llegado en la presente investigación permiten dar las siguientes recomendaciones:

- ❖ Repetir el presente estudio, en otros momentos de siembra, buscando una producción sostenible de pallar Precoz a lo largo del año, con el uso de productos biotecnológicos que ayudan a tolerar los efectos de los diversos tipos de estrés como el hídrico y las temperaturas extremas.
- ❖ Continuar realizando investigaciones utilizando rizobacterias y extracto de algas marinas evaluando diferentes dosis y momentos de aplicación a fin de encontrar la mejor combinación.
- ❖ Utilizar la combinación Rizobacterias (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) + Extracto de algas (dos aplicaciones) ya que en el presente estudio obtuvo el mayor rendimiento de grano de pallar Precoz.
- ❖ Realizar investigaciones participativas en campo de agricultores contando con su opinión sobre aspectos del manejo agronómico en condiciones de estrés de las plantas de pallar y el uso de productos biotecnológicos para lograr productos cosechados más saludables.
- ❖ Fomentar la recuperación de las áreas que tradicionalmente se sembraba pallar en la región Ica, así como fomentar el consumo per cápita de su grano por su excelente contenido proteico, siendo parte de la seguridad alimentaria.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). El “Pallar de Ica” – Denominación de Origen. Res.Núm. 020525-2007/OSD-INDECOPI. 2007. Disponible en: <https://repositorio.indecopi.gob.pe/handle/11724/4520>.
- [2] Ministerio de Agricultura (MINAG). El “Pallar de Ica”. Denominación de origen. Dirección General de Promoción Agraria. 96 p. 2008.
- [3] 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>
- [4] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. Los Mercados Mundiales de Frutas y Hortalizas de Origen Orgánico. Pg. 5-7. 2002.
- [5] M. Rodrigues do A., J. E. Lopes A. L. M. de Souza O., S. M. Barbosa R., J. P. Alves A., M. do V. Barreto F., A. S. Ferreira de A. Conocimiento actual y perspectivas de futuro de la simbiosis frijol de lima (*Phaseolus lunatus*)-rizobia. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 51(2), 280-288. 2019. ISSN 1853-8665.
- [6] B. Salehi, J. Sharifi-Rad, AML Seca, DCGA Pinto, I. Michalak, A. Trincone, AP. Mishra M. Nigam, W. Zam, N. Martins. Tendencias actuales en las algas marinas: análisis de la composición química, la fitofarmacología y las aplicaciones cosméticas. *Moléculas* 24(4182): 1-49. 2019.; doi:10.3390/molecules24224182
- [7] E. Di Stasio, M J. Van Oosten, S. Silletti, G. Raimondi, dell'Aversana, P. Carrillo, A. Maggio. Los extractos de algas a base de *Ascophyllum nodosum* actúan como potenciadores del crecimiento, la calidad del fruto y la adaptación al estrés en plantas de tomate salinizadas. *Revista de Ficología Aplicada* 30: 2675-2686. 2018; doi:10.1007/s10811-018-1439-9
- [8] A. Espinosa-Antón, R. Hernández-Herrera, y M. González-González. Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Bioteología Vegetal*, 20(4), 257-282. 2020. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472020000400257&lng=es&tlng=es.
- [9] R. Zewail Y. Effect of seaweed extract and amino acids on growth and productivity and some bioconstituents of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. *Journal of Plant Production*, Mansoura University 5(8): 1441-1453. 2014.
- [10] G. Ferraris. Evaluación de formulaciones conteniendo *Bradyrhizobium japonicum* y acompañantes como promotores de crecimiento vegetal, protectores bacterianos y fungicidas. INTA. EEA Pergamino – Argentina. 2015.

- [11] A. Romero-Arias et al. Efecto de la aplicación de tres cepas de *Bradyrhizobium* en el desarrollo morfoagronómico de *Glycine max* L. Pastos y Forrajes, vol. 42, no. 4, pp. 290-295. 2019.
- [12] S. Benintende, W. Uhrich, M. Herrera, F. Gangge, M. Sterren y M. Benintende, Comparación entre coinoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* e inoculación simple con *Bradyrhizobium japonicum* en la nodulación, crecimiento y acumulación de N en el cultivo de soja. AGRISCIENTIA, vol. 27, no. 2, pp. 71-77. 2010.
- [13] Y. Gutiérrez. Extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de La Molina. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 67 p. 2016.
- [14] E. Ramos V. y D. Zúñiga D. 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 - 2, pp. 131 - 139, Enero – Diciembre. 2008.
- [15] N. Santillana V. Coinoculación de *Rhizobium* y *Bacillus* en el crecimiento de *Phaseolus vulgaris* y *Pisum sativum*, en invernadero, 2018. Investigación, vol. 27, no. 1, pp. 29-33, enero-junio. 2019.
- [16] J. Ruiz-Caro. Inoculación de cepas de rizobacterias en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Canario Centenario en condición de campo. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Centro del Perú. 121 p. 2023.
- [17] J. Arenas. Respuesta de una línea precoz de *Phaseolus lunatus* L, pallar a la inoculación con cepas seleccionadas de *Bradyrhizobium* y *Rhizobium* en el valle de Ica. Tesis Biólogo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica. 2009.
- [18] N. Fernández y A. Torres. Efectos de diferentes productos biotecnológicos en el rendimiento de dos líneas promisorias de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en Guadalupe-Ica. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. 2018.
- [19] J. Centeno y Y. Garayar. Respuesta del rendimiento del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) variedad precoz de Ocucaje, a la aplicación de cepas seleccionadas de rizobacterias en el sector de Guadalupe, zona media del valle de Ica. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica. 77p. 2018.
- [20] R. Chipana y L. Astocaza, 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 Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica. 2019.
- [21] C. Cullanco. Efecto de la coinoculación y reinoculación con cepas seleccionadas de rizobacterias en el rendimiento de (*Phaseolus lunatus* L.) en Subtanjalla – Ica. Tesis. Ing. Agrónomo. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. 2021.

- [22] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO). Nuestras legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones. Ciudad de Panamá. 292 p. 2018. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 2018.
- [23] L. Espinoza. Caracterización morfológica molecular y capacidad simbiótica con sus rizobios nativos de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en la costa del Perú. Tesis para optar el Grado de *Doctoris Philosophiae* en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. 85 p. 2023.
- [24] J. Vásquez. El cultivo de pallar. Manual. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima – Perú. 1997.
- [25] B. Zoro., A. Maquet., & J.P. Baudoin. Mating system of wild *Phaseolus lunatus* L. and it's to population size Heredity. 94 (2): 153-158. 2005.
- [26] L. Espinoza. Mejoramiento genético del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) por cruzamiento entre cultigrupos Big lima, Sieva y Potato en la Costa centro – sur del Perú. Tesis para optar el grado de *Magister Scientiae*. Escuela de Post Grado. UNA La Molina. Lima. 84 pág. 2005.
- [27] E. Yarasca. El cultivo de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) y sus principales plagas en el valle de Ica. Monografía para optar el Título de Biólogo. U. N. “San Luis Gonzaga” de Ica. Ica, 2005.
- [28] Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Décima edición, Lima, Perú. 146 p. 2017.
- [29] G. Bowen y A. Rovira. La rizosfera y su gestión para mejorar el crecimiento de las plantas. Adv. Agron. 66:1-102, 2009.
- [30] A. Pérez, T. Grisales y J. Fuentes. Determinación de morfotipos nativos de *Rhizobium* asociados a la leguminosa *Teramnus volubilis* Sw en fincas ganaderas del Municipio de Tolú en el Departamento de Sucre. Rev. Colombiana de Ciencia Animal. 3(1). Pág. 62 – 89. 2011.
- [31] A. Velasco-Jiménez, O. Castellanos-Hernández, G. Acevedo-Hernández, R. Aarland y A. Rodríguez-Sahagún. Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. Terra Latinoamericana 38: 333-345. 2020.
- [32] A. Moreno, V. García, J L. Reyes, J. Vásquez y P. Cano. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. Rev. Colomb. de Biotecnología. Vol. XX No.1 enero–junio. 2018, 68 – 83. DOI: 10.15446/rev.colomb.biotre.v20n1.73707.
- [33] M. Beltrán. La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 15(1), 101-113. 2014.

- [34] B. Zhu, T. Gao, D. Zhang, K. Ding, C. Li y F. Ma. Functions of arbuscular mycorrhizal fungi in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, vol 303. Sept. 2022.
- [35] J. Aguirre - Medina, M. Iriza, A. Duran, O. Grajedas, M. Peña Del Rio, C. Laredo y A. Gutiérrez. Los Biofertilizantes Microbianos: Una alternativa para la agricultura en México. Folleto Científico N° 5. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Exp. Rosario Izapa. Tuxtla Chico. Chiapas. México. 86 p. 2009.
- [36] S. Nanda, G. Kumar & S. Hussain. Utilization of seaweed-based biostimulants in improving plant and soil health: Current updates and future prospective. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2021 <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03568-9>
- [37] M. Espinosa-Aguilar, B. Mocha-Cuenca, D. Rosales-Curipoma, and K. Clavijo-Narvaez, El papel de los extractos de algas marinas como bioestimulantes para mitigar el estrés biótico y abiótico en los cultivos: The role of seaweed extracts as biostimulants to mitigate biotic and abiotic stress in crops, *MLAJ*, vol. 3, no. 2, pp. 659–673, Aug. 2025, doi: 10.62131/MLAJ-V3-N2-039.
- [38] C. Ma, P. Wang, W. Tao, B. Zhou, Q. Wang & M. Deng, Seaweed bio stimulant supplementation improves maize resilience to saline-alkaline stress. *Plant Stress*, 17, 100933. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2025.100933>
- [39] 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
- [40] M. Barrientos y C. 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 Ing. Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica, 2016.
- [41] L. Foronda. Efecto de la aplicación de productos biotecnológicos en el rendimiento y calidad de grano del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) cultivar PPD 118-2013, en la zona media del valle de Ica. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica. 2023.
- [42] SENAMHI. https://www-gob-pe.translate.goog/institucion/imarpe/noticias/736495-estado-del-sistema-de-alerta-alerta-de-el-nino-costero?_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=en&_x_tr_hl=en&_x_tr_pto=wapp. 2023.
- [43] M. Franco. Evaluación del rendimiento y respuesta a los rizobios nativos de genotipos de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) precoz, en Ocucaje, Ica. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica. 2025.
- [44] B. Ferguson, L. Meng-Han y P. Gresshoff. Regulation of legume nodulation by acidic growth conditions. *Plant Signal Behav.* 2013 Mar;8(3): e23426. doi: 10.4161/psb.23426. Epub 2013 Jan 18. PMID: 23333963; PMCID: PMC3676511.

www.landesbioscience.com/journals/psb/article/23426

- [45] L. Huaribay. Efecto de la coinoculación con cepas de rizobacterias y aplicación de un bioestimulante en el rendimiento y calidad del grano de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) cultivar PPD 162-1-2013, en Subtanjalla-Ica. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica. 2024.
- [46] B. Tejera-Hernández, M. Rojas-Badía, M. Heydrich-Pérez. Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento y el control biológico de hongos fitopatógenos. Revista CNIC 42(3): 131-138. 2011.
- [47] B. Almanza, J. Altamirano-Hernández, J Peña-Cabriales, G. Santoyo, J. Sánchez-Yañez, E. Valencia-Cantero, L. Macías-Rodríguez, J. López-Bucio, R. Cárdenas-Navarro, & R. Farias-Rodríguez. 2010. Efecto de la coinoculación con micorrizas y rizobios sobre el contenido de trehalosa en nódulos de diferentes genotipos de frijol. *La revista Open Microbiology* , 4, 83–92. <https://doi.org/https://doi.org/10.2174/11874285801004010083>

VIII. ANEXOS

8.1 Análisis de suelo

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 114		 Registro N° LE - 114		
LABORATORIO AGROINDUSTRIAL INFORME DEL ENSAYO N° 143LAI/2023					
DATOS GENERALES					
Nombre del Solicitante: ETON VIDAL GONZALO DIAZ – JEAN VILLAGARAY – GUILLERMO ESPINO TIPISMANA Dirección: AH.SR. DE LUREN A-14 IV ET. - ICA/ICA/ICA					
DATOS DE LA MUESTRA					
Nombre de la Muestra: SUELO (Descripción por el Solicitante)	Código de la Muestra: 7523				
Identificación y Estado: 01 muestra de suelo en bolsa de plástico, con un peso de 3 kg aproximadamente. Identificada como "PARCELA TIPACTI". (Descripción por el Solicitante)					
Lugar del Muestreo: SACTA - LA VENTA - STGO (Descripción por el Solicitante)	Muestreado por: JEAN VILLAGARAY - ETON GONZALO				
Fecha de Recepción de la Muestra: 04/08/2023	Fecha de Ejecución del Ensayo: 04/08/2023 al 11/08/2023				
RESULTADOS					
Determinación	Unidad de medida	Valor	Método		
ANÁLISIS FÍSICO					
Arena	%	58.20	Método del hidrómetro (*)		
Arcilla	%	4.38	Método del hidrómetro (*)		
Limo	%	37.42	Método del hidrómetro (*)		
Clase textural	-	FRANCO ARENOSO	Triángulo textural (*)		
ANÁLISIS QUÍMICO					
Conductividad	mS/cm	6.92	NOM 021 SEMARNAT 2000 AS 16 A 18		
pH	Unidades de pH	8.04	NOM 021 SEMARNAT 2000 AS 02		
Materia Orgánica (M.O)	%	1.58	Ignición (*)		
Nitrógeno Total (NT)	%	0.08	Cálculo – Ignición (*)		
Fósforo	ppm	21.33	NOM 021 SEMARNAT 2000 AS 10		
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	%	3.48	NOM 021 SEMARNAT 2000 AS 29		
Porcentaje de saturación (PSA)	%	46.58	Termogravimetría (*)		
CACIONES CAMBIABLES					
Sodio (Na ⁺)	meq/100g	0.45	Espectrofotometría de absorción atómica (*)		
Potasio (K ⁺)	meq/100g	0.19	Espectrofotometría de absorción atómica (*)		
Calcio (Ca ²⁺)	meq/100g	6.46	Titulación con EDTA (*)		
Magnesio (Mg ²⁺)	meq/100g	3.37	Titulación con EDTA – cálculo (*)		
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	meq/100g	10.48	Cálculo (*)		
Porcentaje de Sodio Intercambiable (P.S.I.)	%	4.31	Cálculo (*)		
Preparación de la muestra de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-01 *Los métodos indicados no han sido acreditados ante el INACAL-DA Las unidades reportadas en la determinación de Conductividad mS/cm son equivalentes a dS/m Los ensayos se realizaron en el Laboratorio Agroindustrial de CITE agroindustrial Ica Condiciones ambientales del ensayo Temperatura máxima ambiental 25°C.					
CONDICIONES DEL INFORME		FIRMA			
- Los resultados obtenidos se refieren únicamente a la muestra analizada. - Este informe no puede reproducirse, más que en su totalidad, sin la autorización por escrito del laboratorio. - Los resultados del ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. - Laboratorio queda liberada de responsabilidad cuando el Solicitante (cliente) proporciona información acerca de la muestra y pueda afectar la validez de resultados.		Firmado digitalmente por CANTORAL MUZAUARIETA Luzdeli Rocana FAU 20131309477 asc Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 14.08.2023 15:34:29 -0500 Luzdeli R. Cantoral Muzaurieta Responsable de Laboratorio Agroindustrial Fecha de Emisión del Informe: 14-08-2023			
CENTRO DE INNOVACIÓN PRODUCTIVA Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AGROINDUSTRIAL ICA Panamericana Sur Km. 293.2, Distrito Salas – Guadalupe Ica – Perú. TELÉFONO (051)406066 TELEFAX (051)406234; E-MAIL: citeagroindustrial@citeagroindustrial.com.pe					
Versión: 05		Fecha: 05-01-2022			

8.2 Datos meteorológicos

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL ESTACIÓN: CO OCUCAJE

Latitud : 14° 22'42.38"S Dpto. : ICA
 Longitud : 75° 40'55.5"W Provincia : ICA
 Altitud : 331 msnm Distrito : ICA

Parámetro : Precipitación Total Mensual (mm) Periodo : 2023-2024

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
2023	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024	0	0	0	0	0							

mm=litro/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA TESISISTA: GONZALO DÍAZ, ETSOVIDAL

PROYECTO DE TESIS TÍTULO PROFESIONAL:

"Respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfo agronómicas del pallar (Phaseolus Lunatus L.), Cultivar precoz en la Zona Baja del Valle de Ica. "

Ica, 05 de agosto del 2024

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ
 Firmado digitalmente por RICARDO ANTONIO ROSAS LUJAN
 DN: cn=RICARDO ANTONIO ROSAS LUJAN, o=SENAMHI, ou=SENAMHI, c=PE
 Fecha: 08.08.2024 12:00:10 -05:00

ING. RICARDO ANTONIO ROSAS LUJAN
 DIRECTOR ZONAL 5 - SENAMHI

Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
 Telef. 056-480148
www.senamhi.gob.pe

8.2 Datos meteorológicos continuación

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL ESTACIÓN: CO OCUCAJE

Latitud : 14° 22' 42.38"S
Longitud : 75° 40' 55.5"W
Altitud : 331 msnm

Dpto. : ICA
Provincia : ICA
Distrito : ICA

Parámetro : Humedad Relativa Mensual (%)

Periodo : 2023-2024

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
2023	65.0	66.9	67.2	70.6	77.2	76.7	76.8	78.4	74.9	70.2	70.1	67.5
2024	67.0	69.4	68.3	70.7	76.7							

mm=lm/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA TESISISTA: GONZALO DÍAZ, ETSO VIDA

PROYECTO DE TESIS TÍTULO PROFESIONAL:

"Respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfo agronómicas del pallar (Phaseolus Lunatus L.), Cultivar precoz en la Zona Baja del Valle de Ica. "

Ica, 05 de agosto del 2024



ING. RICARDO ANTONIO ROSAS LUJAN
DIRECTOR ZONAL 5 - SENAMHI

Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-480148
www.senamhi.gob.pe

8.2 Datos meteorológicos

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

ESTACIÓN: CO OCUCAJE

Latitud : 14° 22'42.38"S
Longitud : 75° 40'55.5"W
Altitud : 331 msnm

Dpto. : ICA
Provincia : ICA
Distrito : ICA

Parámetro : Temperatura Media Mensual (°C)

Periodo : 2023-2024

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
2023	25.4	27.2	26.4	24.6	20.4	18.9	18.6	19.0	19.7	22.9	22.6	24.2
2024	25.9	27.4	26.8	24.6	20.1							

mm=lm/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA TESISISTA: GONZALO DÍAZ, ETSÓN VIDAL

PROYECTO DE TESIS TÍTULO PROFESIONAL:

"Respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfo agronómicas del pallar (Phaseolus Lunatus L.), Cultivar precoz en la Zona Baja del Valle de Ica. "

Ica, 05 de agosto del 2024.



ING. RICARDO ANTONIO ROSAS LUJAN
DIRECTOR ZONAL 5 - SENAMHI

Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-480148
www.senamhi.gob.pe

8.2 Datos meteorológicos

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL
ESTACIÓN: CO OCUCAJE

Latitud : 14° 22'42.38"S
 Longitud : 75° 40'55.5"W
 Altitud : 331 msnm

Dpto. : ICA
Provincia : ICA
Distrito : ICA

Parámetro : Temperatura Máxima Mensual (°C)

Periodo : 2023-2024.

[illegible]

S/D : Sin datos (Termómetro malgrado)

$$\text{mm}=\text{km}/\text{m}^2$$

INFORMACIÓN PREPARADA PARA TESISTA: **GONZALO DÍAZ, ETSÓN VIDAL**

PROYECTO DE TESIS TÍTULO PROFESIONAL:

"Respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfo agronómicas del pallar (*Phaseolus Lunatus* L.), Cultivar precoz en la Zona Baja del Valle de Ica."

ica, 05 de agosto del 2024



Enteado digitalmente por LICIAS
LIZIAM Encarnación Aranda FALC
2013.06.03 08:36:36
Matriz: Soy el autor del documento
Fecha: 17.02.2020 08:45:34 -05:00

ING. RICARDO ANTONIO ROSAS LUJAN
DIRECTOR ZONAL 5 - SENAMHI

Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-480148
www.senambi.gob.pe

8.2 Datos meteorológicos

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL ESTACIÓN: CO OCUCAJE

Latitud : 14° 22'42.38"S
Longitud : 75° 40'55.5"W
Altitud : 331 msnm

Dpto. : ICA
Provincia : ICA
Distrito : ICA

Parámetro : Temperatura Mínima Mensual (°C) Periodo : 2023-2024

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
2023	15.7	19.2	18.6	16.7	13.4	11.9	11.7	12.1	11.6	14.0	14.1	15.7
2024	18.1	19.7	18.6	16.4	11.4							

mm=lmm/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA TESISISTA: GONZALO DÍAZ, ETSOVIDAL

PROYECTO DE TESIS TÍTULO PROFESIONAL:

"Respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfo agronómicas del pallar (Phaseolus Lunatus L.), Cultivar precoz en la Zona Baja del Valle de Ica. "

Ica, 05 de agosto del 2024



ING. RICARDO ANTONIO ROSAS LUJAN
DIRECTOR ZONAL 5 - SENAMHI

Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-480148
www.senamhi.gob.pe

8.2 Datos meteorológicos

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL ESTACIÓN: CO OCUCAJE

Latitud : 14° 22'42.38"S
Longitud : 75° 40'55.5"W
Altitud : 331 msnm

Dpto. : ICA
Provincia : ICA
Distrito : ICA

Parámetro : Horas de Sol (m/s)

Periodo : 2023-2024

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
2023	261	186.4	191.5	234.3	194	169.9	170.1	196.1	230.2	263.5	249.5	258
2024	253.9	209.8	242.4	237	259.1							

mm=3m/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA TESISISTA: **GONZALO DÍAZ, ETSON VIDAL**

PROYECTO DE TESIS TÍTULO PROFESIONAL:

“Respuesta a la aplicación de rizobacterias y extractos de algas en rendimiento y variables morfo agronómicas del pallar (Phaseolus Lunatus L.), Cultivar precoz en la Zona Baja del Valle de Ica. “

Ica, 05 de agosto del 2024



ING. RICARDO ANTONIO ROSAS LUJAN
DIRECTOR ZONAL 5 - SENAMHI

Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-480148
www.senamhi.gob.pe

8.3 Análisis de Nitrógeno en el grano



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ETSON VIDAL GONZALO DIAZ
PROCEDENCIA : ICA/ ICA/ SANTIAGO/ SACTA "TIPACTI"
MUESTRA : GRANO DE PALLAR SECO
REFERENCIA : H.R. 83075
BOLETA : 6687
FECHA : 04/07/2024

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	N %
2222	EG T1 R1	2.88
2223	EG T2 R1	2.52
2224	EG T3 R1	2.83
2225	EG T4 R1	2.63
2226	EG T5 R1	3.44
2227	EG T6 R1	3.28
2228	EG T1 R2	3.44
2229	EG T2 R2	3.11
2230	EG T3 R2	2.91
2231	EG T4 R2	3.11
2232	EG T5 R2	3.02
2233	EG T6 R2	3.39

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	N %
2234	EG T1 R3	3.08
2235	EG T2 R3	3.50
2236	EG T3 R3	2.83
2237	EG T4 R3	2.86
2238	EG T5 R3	3.58
2239	EG T6 R3	3.05
2240	EG T1 R4	3.08
2241	EG T2 R4	3.11
2242	EG T3 R4	3.28
2243	EG T4 R4	3.30
2244	EG T5 R4	3.47
2245	EG T6 R4	3.02




Dra. Lily Tello Peramás
Jefa de Laboratorio

8.4 Características de los productos utilizados

Rizobacterias

Los microorganismos promotores del crecimiento vegetal a base de bacterias son llamados rizobacterias (PGPR, por sus siglas en inglés Planta Grow Promoting Rhizobacteria) y generalmente provienen de un cultivo puro de microorganismo aislado de la raíz de alguna planta de interés y se multiplica en un medio de cultivo específico para luego ser transferido al sustrato y de esta forma son utilizados en la agricultura [35].

***Bacillus* sp.**

El género *Bacillus* ha sido estudiado por poseer una variedad de mecanismos, entre ellos la fijación biológica del nitrógeno y la solubilización de fosfatos, que ha impulsado diferentes estudios en el sector agrícola que buscan la disminución, y en el mejor de los casos, la erradicación de los fertilizantes químicos, acción que representaría un impacto positivo sobre el medio ambiente. Sumado a estos beneficios se destaca su capacidad para la degradación de sustratos de plantas y animales, la producción de antibióticos, la capacidad de sobrevivir en múltiples condiciones ambientales y la actividad antagónica e inhibidora entre otras, por lo que pone al género *Bacillus* en un lugar destacado para su uso en la agricultura sostenible [47].

Bradyrhizobium

Las cepas de *Bradyrhizobium* sp., colonizan las raíces de las leguminosas y forman asociaciones simbióticas que favorecen una mejor absorción de agua y nutrientes. Pueden fijar biológicamente el nitrógeno atmosférico (N) y ayudar a acceder a otros nutrientes como el nitrógeno y el fósforo de las reservas del suelo y los fertilizantes orgánicos (Almanza et al. [48]. Entonces, la inoculación de leguminosas con Bradyrizobios es una de las principales prácticas agronómicas orientadas a mejorar la simbiosis en la agricultura sostenible.

Extracto de algas marinas

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. 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. 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, generando un amplio espectro de respuestas positivas en el sistema planta-suelo [3].

8.5 Panel fotográfico



Fig. 3: Riego de machaco por inundación **Fig. 4: Demarcación del campo experimental**



Fig. 5: Aplicación del riego



Fig. 6: Aplicación fitosanitaria



Fig. 7: Manejo fitosanitario y riego



Fig. 8: Aplicación de biol

8.5 Panel fotográfico



Fig. 9: Plantas en plena floración



Fig. 10: Evaluación de nódulos



Fig. 11: Aplicación de nutriente foliar



Fig. 12: Aplicación fitosanitaria

8.5 Panel fotográfico



Fig. 13: Cosecha de plantas marcadas



Fig. 14: Evaluación de vainas



Fig. 15: Evaluación de granos