



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



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

CONSTANCIA DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD 2024

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

EFFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO (*Cicer arietinum L.*), EN SUBTANJALLA – ICA.

Presentado por:

GOMEZ JANAMPA ALDAIR

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

APROBADO

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


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


Observaciones:

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

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

Ica, 24 de abril de 2024


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


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

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"

VICE RECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



Efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), en Subtanjalla - Ica

Línea de investigación

Ciencias naturales, Ingeniería y Tecnologías sostenibles.

INFORME FINAL DE TESIS

GOMEZ JANAMPA ALDAIR

Ica – Perú

2024

A MIS PADRES:

ALIPIO GOMEZ SANCHEZ

MARTHA IRENE JANAMPA HUAMAN

Dedico esta tesis; porque siempre me brindaron su apoyo.

Gracias por creer en mí y por ser fuente de inspiración
y soporte ante las adversidades.

A Ellos: mi eterno agradecimiento

ALDAIR, GOMEZ JANAMPA

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”; por ser fuente de mis conocimientos y desarrollo académico.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” y a los docentes que contribuyeron con mi formación profesional.

A la Ing. Luz Marina Espinoza de Arenas Ph. D. Asesora de la presente tesis, cuya guía experta ha sido esencial en cada etapa de esta investigación.

Al Ing. Agrónomo Fredy Yupanqui, por proporcionar el campo donde se instaló y desarrolló el presente trabajo de investigación.

A todas y cada una de las personas y amigos que de una u otra manera contribuyeron con la culminación de la presente investigación.

INDICE GENERAL

	Pág.
Carátula	i
Dedicatorias	ii
Agradecimientos	iii
Índice general	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	01
1.1 Aspectos científicos vinculados a la investigación	02
1.2 Descripción de la Realidad problemática	04
1.3 Antecedentes de la investigación	06
1.4 Justificación e importancia de la Investigación	10
1.5 Hipótesis de la Investigación	12
1.6 Objetivos de investigación	13
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	14
2.1 Ubicación del campo experimental	14
2.2 Análisis de suelo	14
2.3 Observaciones meteorológicas	15
2.4 Material biológico	16
2.5 Tratamientos en estudio	16
2.6 Tipo y Nivel de la investigación	16
2.7 Población y muestra de la investigación	16
2.8 Diseño de la investigación	17
2.9 Diseño experimental	17
2.10 Características del campo experimental	18
2.11 Metodología de aplicación de los tratamientos	18
2.12 Conducción del experimento	19
2.13 Variables evaluadas	24
2.14 Procesamiento de la información	25
III. RESULTADOS	26
IV. DISCUSIÓN	43
V. CONCLUSIONES	52

VI. RECOMENDACIONES	53
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
VIII. ANEXOS	57
8.1 Descripción de las rizobacterias utilizadas en el ensayo	
8.2 Resultados del Análisis de suelo	
8.3 Datos meteorológicos de junio a setiembre del 2021	
8.4 Resultados del análisis de Nitrógeno en el grano de garbanzo, var. Precoz	
8.5 Datos obtenidos de las variables evaluadas durante la investigación	
8.6 Panel fotográfico	

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Análisis Físico – mecánico del Suelo	15
Tabla 2	Análisis químico del suelo	15
Tabla 3	Observaciones meteorológicas de junio a setiembre 2021	16
Tabla 4	Tratamientos en estudio	17
Tabla 5	Cronograma de riego con sistema localizado por goteo	20
Tabla 6	Cronograma de aplicaciones foliares	22
Tabla 7	Cronograma del manejo fitosanitario	23
Tabla 8	Análisis de varianza del porcentaje de emergencia en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	26
Tabla 9	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del porcentaje de emergencia en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	26
Tabla 10	Análisis de varianza de la longitud de follaje a los 35 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	27
Tabla 11	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de follaje a los 35 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	27
Tabla 12	Análisis de varianza de la longitud de raíz a los 35 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	28
Tabla 13	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de raíz a los 35 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	28
Tabla 14	Análisis de varianza del peso seco de la biomasa aérea a los 35 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	29
Tabla 15	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la parte aérea a los 35 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	29
Tabla 16	Análisis de varianza del peso seco de la biomasa radicular a los 35 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	30
Tabla 17	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la parte aérea a los 35 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	30

Tabla 18	Análisis de varianza de la longitud de follaje a los 50 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	31
Tabla 19	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de follaje a los 50 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	31
Tabla 20	Análisis de varianza de la longitud de la parte radicular a los 50 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	32
Tabla 21	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte radicular a los 50 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	32
Tabla 22	Análisis de varianza del peso seco de la biomasa aérea a los 50 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	34
Tabla 23	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la biomasa aérea a los 50 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	34
Tabla 24	Análisis de varianza del peso seco de la biomasa radicular a los 50 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	35
Tabla 25	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la biomasa radicular a los 50 dds en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	35
Tabla 26	Análisis de varianza del número de vainas por planta en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	37
Tabla 27	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de vainas por planta en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	37
Tabla 28	Análisis de varianza del peso de 100 granos en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	38
Tabla 29	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de 100 granos en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	38
Tabla 30	Análisis de varianza del peso de granos por planta en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	39
Tabla 31	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de granos por planta en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	39

Tabla 32	Análisis de varianza del rendimiento de granos por parcela en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	40
Tabla 33	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del rendimiento de granos por parcela en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	40
Tabla 34	Análisis de varianza del contenido de Nitrógeno en el grano en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	41
Tabla 35	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del contenido de Nitrógeno en el grano en el efecto de la inoculación con rizobacterias para la producción sostenible de garbanzo en Subtanjalla, Ica.	42
Tabla 36	Longitud de la parte aérea de la planta a los 35 dds	62
Tabla 37	Longitud de la parte radicular de la planta a los 35 dds	62
Tabla 38	Peso seco de la parte aérea de la planta a los 35 dds	62
Tabla 39	Peso seco de la parte radicular de la planta a los 35 dds	62
Tabla 40	Longitud de la parte aérea de la planta a los 50 dds	63
Tabla 41	Longitud de la parte radicular de la planta a los 50 dds	63
Tabla 42	Peso seco de la parte aérea de la planta a los 50 dds	63
Tabla 43	Peso seco de la parte radicular de la planta a los 50 dds	63
Tabla 44	Número de vainas por planta	64
Tabla 45	Peso de 100 granos	64
Tabla 46	Peso de grano por planta	64
Tabla 47	Peso de grano por parcela	64
Tabla 48	Contenido de Nitrógeno en el grano	64

INDICE DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 1	Distribución de los tratamientos en el croquis experimental	18
Figura 2	Longitud de follaje de plantas de garbanzo a los 35 y 50 dds	33
Figura 3	Longitud de raíz de plantas de garbanzo a los 35 y 50 dds	33
Figura 4	Peso seco de la biomasa aérea de plantas de garbanzo a los 35 y 50 dds	36
Figura 5	Peso seco de la parte radicular de plantas de garbanzo a los 35 y 50 dds	36
Figura 6	Rendimiento de grano estimado (kg/ha)	41
Figura 7	Contenido de Nitrógeno en el grano (%)	42
Figura 8	Preparación del terreno	65
Figura 9	Semilla inoculada	65
Figura 10	Demarcación del terreno	65
Figura 11	Siembra de garbanzo	65
Figura 12	Trampas de melaza para monitorear adultos de lepidópteros	65
Figura 13	Colocación de cebo tóxico para controlar gusanos de tierra	65
Figura 14	Aplicación foliar con biol	66
Figura 15	Extracción de plantas para evaluar follaje, raíz y nódulos	66
Figura 16	Evaluación de la longitud del follaje	66
Figura 17	Evaluación de la longitud de la parte radicular	66
Figura 18	Peso seco de la parte radicular	67
Figura 19	Plantas en madurez de cosecha	67

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación con rizobacterias, para una producción sostenible del garbanzo (*Cicer arietinum* L.), en Subtanjalla-Ica, se evaluaron cinco tratamientos: 1(*Bacillus* sp. B13), 2 (*Rhizobium* sp. E15), 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.), 4(testigo fertilizado NPK) y 5(testigo absoluto), con cinco repeticiones, en Diseño de Bloques Completos al Azar, en un suelo de textura franco arenoso, con bajo contenido de materia orgánica, alto en fósforo, reacción moderadamente alcalina, ligeramente salino, con capacidad media de intercambio catiónico, con sistema de riego localizado por goteo, en siembra de junio y cosecha a los 124 días después de la siembra. Como resultado se obtuvo que la mayor acumulación de materia seca fue cuando se inoculó con *Rhizobium* sp. E15, con la combinación *Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. y el testigo fertilizado (NPK), superando al testigo absoluto. En el número de vainas por planta, peso de 100 granos y en el rendimiento de grano, destacaron el tratamiento combinado y el testigo fertilizado (NPK) con 102.87 y 101.60 vainas por planta; 65.53 y 64.41 g en 100 granos, así como 2,296.60 y 3,128.40 kg/ha, respectivamente, superando al testigo absoluto, que obtuvo 2,292.57 kg/ha; y en cuanto al contenido de Nitrógeno en el grano, todos los tratamientos alcanzaron valores entre 4.04% para el testigo absoluto, hasta 3.38% para el tratamiento combinado. Se destaca que el efecto de la inoculación con la combinación de ambas cepas fue mayor en la mayoría de variables evaluadas, contribuyendo a la producción sostenible del garbanzo.

Palabras clave: *Cicer arietinum*, rizobacterias, producción sostenible

ABSTRACT

With the objective of evaluating the effect of inoculation with rhizobacteria, for sustainable production of chickpea (*Cicer arietinum* L.), in Subtanjalla-Ica, five treatments were evaluated: 1 (*Bacillus* sp. B13), 2 (*Rhizobium* sp. E15), 3 (*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.), 4 (NPK fertilized control) and 5 (absolute control), with five repetitions, in a Random Complete Block Design, in a soil with a sandy loam texture, with low content of organic matter, high in phosphorus, moderately alkaline reaction, slightly saline, with medium cation exchange capacity, with a localized drip irrigation system, sown in June and harvested 124 days after sowing. As a result, it was obtained that the greatest accumulation of dry matter was when inoculated with *Rhizobium* sp. E15, with the combination *Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. and the fertilized control (NPK), surpassing the absolute control. In the number of pods per plant, weight of 100 grains and grain yield, the combined treatment and the fertilized control (NPK) stood out with 102.87 and 101.60 pods per plant; 65.53 and 64.41 g in 100 grains, as well as 2,296.60 and 3,128.40 kg/ha, respectively, surpassing the absolute control, which obtained 2,292.57 kg/ha; and regarding the Nitrogen content in the grain, all treatments reached values between 4.04% for the absolute control, up to 3.38% for the combined treatment. It is highlighted that the effect of inoculation with the combination of both strains was greater in most of the variables evaluated, contributing to sustainable chickpea production.

Keywords: *Cicer arietinum*, rhizobacteria, sustainable production

I. INTRODUCCIÓN

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) ocupa el tercer lugar en importancia entre las leguminosas cultivadas en el mundo. Su proteína es considerada como la de mayor valor biológico, pues contiene 21% de proteínas totales y 17.5% de proteínas digestibles; 4 a 7% de grasa, 52.4 a 70% de carbohidratos, 20 a 30% de amilosa y un remanente de amilopectina y la testa de la semilla tiene el 70% del calcio del total del grano; además es un buen complemento de alimentos ricos en metionina y cistina, pero deficientes en lisina y triptófano [1].

Es una especie introducida y se ha adaptado a las condiciones de clima y suelo de la costa central sur como los valles de la región Ica y se siembra entre los meses de mayo a julio en las zonas productoras de garbanzo, como son: Ica (Ocucaje), Palpa (Santa Cruz, Palpa, etc.) y Nazca (Taruga y Pajonal) [2].

El garbanzo, es una especie foránea, que fue introducida a nuestra región hace muchas décadas atrás, adaptándose plenamente a las condiciones de clima y suelo de los valles productores de la región Ica, sobre todo en las zonas de escasez hídrica, ya que no es exigente en este recurso; pasando a ocupar el segundo lugar después del pallar en la lista de menestras importantes para la población por su aporte nutricional.

Adicional a la importancia sobre el aporte nutricional, el garbanzo siendo una leguminosa, enriquece el suelo por su aporte de materia orgánica y Nitrógeno por su habilidad o capacidad simbiótica con rizobios u otros microorganismos benéficos que juegan un rol de promotores del crecimiento vegetal, llamados de manera general, rizobacterias.

Con el pasar del tiempo, las áreas productoras de garbanzo han venido disminuyendo debido a la ausencia de nuevas variedades que respondan a las exigencias que el cambio climático obliga, y en consecuencia sólo se cuenta con la variedad Precoz de procedencia mexicana que se ha adaptado plenamente a nuestras condiciones, con la limitante que es susceptible a los hongos del suelo, originando muerte de plantas por pudrición radicular, con lo cual, disminuye la población de plantas por unidad de superficie y por tanto, los rendimientos son bajos [2].

Lamentablemente, hace buen tiempo no se realizan investigaciones en este cultivo siendo una leguminosa muy importante para nuestra región; por lo que no existen nuevas variedades mejoradas, o nuevas tecnologías para una mejor conducción de este cultivo.

La agricultura sustentable es la principal estrategia para contrarrestar el rápido declive de la calidad ambiental por medio del mantenimiento del equilibrio de los agroecosistemas [3]. En este contexto, el uso de enmiendas microbianas representa una alternativa a la aplicación de fertilizantes químicos. Las bacterias nativas constituyen una excelente fuente para la selección de nuevas cepas y los distintos suelos pueden albergar estirpes con capacidad para promover el crecimiento vegetal. Sobre la base de los antecedentes enunciados se plantea que la inoculación

con bacterias promotoras del crecimiento vegetal nativas mejora el crecimiento y desarrollo del cultivo del garbanzo.

Según Armenta-Bojórquez *et al.* [4], la inoculación de biofertilizantes que contienen bacterias rizosféricas ha provocado incrementos significativos en la productividad de los cultivos agrícolas. Esto se debe a que, las bacterias asociadas a las especies vegetales poseen la capacidad de producir o generar reguladores de crecimiento y aproximadamente el 80 % de éstas son productoras de auxinas, como el Ácido Indol Acético (AIA), el cual es responsable de incrementar tanto el sistema radicular como la absorción de elementos nutritivos, tal como señalan Grageda-Cabrera *et al.* [5]; por lo que se plantea el presente estudio buscando efectos positivos en el cultivo de garbanzo.

1.1 Aspectos científicos vinculados a la investigación

1.1.1 Sobre el cultivo de garbanzo

El garbanzo cultivado pertenece a la especie *C. arietinum*, que, de acuerdo al tamaño, color y forma de la semilla, se clasifica en tres clases: Garbanzo tipo Desi (*C. arietinum* var. *fuscum*) conocidos como garbanzos porqueros, el tipo Kabuli (*C. arietinum* var. *macrocarpum*), conocido como garbanzo blanco, y como un tipo intermedio utilizado para otros propósitos están los garbanzos tipo Gulabi [17].

Shagarodski [18], señala que el garbanzo es una leguminosa bien adaptada a clima seco y fresco; en las regiones tropicales se cultiva de preferencia en el invierno y en las regiones templadas de preferencia se cultiva en primavera y verano. Las temperaturas óptimas para su cultivo son entre 21–29 °C durante el día y 18 - 26 °C durante la noche, tolera precipitaciones promedio anual de 600 a 1000 mm. Las altas temperaturas perjudican el cuajado de los frutos. A partir de 10°C el garbanzo es capaz de germinar, aunque la temperatura óptima de germinación oscila entre 25 y 35°C.

Vargas y Cárdenas [19], sostienen que los caracteres morfológicos más importantes del garbanzo (*C. arietinum*), son: presencia de hojas pseudoimparipinnadas; foliolos aserrados y glandulosos; legumbres infladas y vellosas y semillas esféricas o redondeadas. Toleran muy bien el estrés hídrico y además por ser una leguminosa, es capaz de vivir en relación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* sp. y microorganismos fijadores de nitrógeno atmosférico que lo incorporan a la planta y al suelo.

El garbanzo es capaz de crecer en un amplio rango de suelos, desde muy arenosos, hasta muy pesados. Sin embargo, un suelo franco arcilloso, sin exceso de sales solubles, es un suelo idóneo para su cultivo [13].

Según CEDEP [20], las variedades más utilizadas en el Perú son: Blanco español que es una variedad muy antigua, introducida de España, de grano grande (65- 68 g en 100 semillas), de color blanco y superficie rugosa, con ciclo de 150 días a más y con rendimiento promedio 1500 a 2000 kg/ha. La variedad Culiacancito INIAA, que fue obtenida en Ica por el Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial, a partir de la selección de Culiacancito 860 de procedencia de Sinaloa (México), es de grano grande (70 g en 100 semillas), color marfil, muy buen aspecto y calidad culinaria, tolerante a *Fusarium* sp., puede lograr rendimientos superiores a 2000 kg/ha y, por último la variedad Precoz proveniente de México a través del Ministerio de Agricultura o de comercializadores de grano de garbanzo para consumo, de grano grande (70 g en 100 semillas), color marfil claro, rugoso, de muy buen aspecto y calidad culinaria, de crecimiento erecto, con un ciclo de 120 días y rendimiento promedio mayor a 2000 kg/ha.

En el cultivo de garbanzo existe un complejo de pudriciones radiculares, entre los que destacan como agentes causales *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* sp., ambos son de amplia distribución y; sobreviven en rastrojos y semillas; el primero requiere de temperaturas óptimas entre 25 a 28°C y el segundo se desarrolla entre 20 a 25 °C. *Rhizoctonia solani* causa lesiones de diferentes formas y tamaños pudiendo causar la muerte cuando la planta está recién emergida, posteriormente puede presentar a nivel del cuello unas estrangulaciones, ocasionando el tumbado y la muerte de plantas [20].

Palomino et al. [21], con respecto a la calidad nutricional del garbanzo, destacan su contenido proteínico de su harina y sostienen que en la actualidad la tendencia de los peruanos a una vida saludable va en aumento, lo que está relacionado con una buena alimentación. Los mencionados autores señalan que contando con la calidad de harina del garbanzo sería la materia prima principal para la elaboración de galletas de harina de garbanzo; siendo una propuesta innovadora, ya que se trata de un tipo de galleta de calidad nutricional garantizada por la proteína aportada por el garbanzo.

1.1.2 Sobre las rizobacterias y la inoculación

Las bacterias promotoras del crecimiento (PGPR), posibilitan la penetración del *Rhizobium* mediante el intercambio de señales bioquímicas diversas emitidas por el macro y microsimbionte. Este proceso infectivo, regulado y complejo, culmina con la formación en la planta de una estructura altamente organizada: el nódulo, que puede considerarse como un nuevo órgano de la misma. En el nódulo, la bacteria se diferencia en su forma endosimbionte fijadora de nitrógeno atmosférico (bacterioide).

La transformación del microorganismo es tan importante que el mismo puede multiplicarse en vida libre y fijar nitrógeno en medios sintéticos especiales, pero no en ausencia del hospedero, existiendo con frecuencia una marcada especificidad entre ambos [22]. Por otro lado, la solubilización de fósforo es un proceso de gran importancia para los cultivos implicados en la interacción planta-microorganismo, ya que es uno de los componentes principales del ácido ribonucleico y desoxiribonucleico, además de ser el portador de energía de la molécula adenosina trifosfato (ATP) y de sus dos precursores mono y difosfato (AMP y ADP). Afzal y Bano [23]. La presencia de este nutriente tiene gran importancia para la fijación biológica de nitrógeno durante la interacción rizobios-leguminosa, afectando, la carencia del mismo, el correcto funcionamiento del nódulo, por lo que la estimación de la actividad solubilizadora es sin dudas una herramienta para la selección de materiales (cepas) promisorios para la biofertilización, teniendo en cuenta que con la actividad solubilizadora, los microorganismos pueden aportar entre el 20-40 % de las necesidades de este nutriente para el cultivo [24].

Ortega-García et al. [25], reportan que realizaron una investigación en el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt”, La Habana, Cuba, con el objetivo de identificar, aislar y seleccionar cepas de *Rhizobium* sp. en garbanzo (*Cicer arietinum* L.) por sus atributos como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal con mayor efectividad en su asociación a cultivares de garbanzo. Informan que identificaron por secuenciación del gen 16S ARN tres cepas de rizobios, obtenidas de nódulos de garbanzo y se caracterizaron por su potencial como bacterias promotoras del crecimiento vegetal, con las cuales realizaron experimentos en campo para evaluar su efectividad. Como resultado reportan que las tres cepas bacterianas asociadas al garbanzo e identificadas como *Rhizobium* sp., fijaron nitrógeno atmosférico, solubilizaron fosfato de calcio, liberaron fitohormonas y fueron capaces de inhibir el crecimiento de *Fusarium oxysporum*, *F. incarnatum* y *F. moniliforme*, concluyendo que la inoculación en el garbanzo, incrementó la nodulación y el rendimiento.

1.2 Descripción de la realidad problemática

La situación problemática que atraviesa el cultivo de garbanzo teniendo en cuenta su importancia en la dieta alimenticia por la calidad de proteína que aporta, se refiere a que cada vez es menor el área dedicada a este cultivo, los rendimientos son bajos y responden a una agricultura de autoconsumo; como respuesta a la desatención del sector público correspondiente en asistencia técnica, capacitación, para fortalecer la cadena de valor de esta apreciada menestra.

El problema es mayor, porque, no hay suficiente conocimiento sobre el efecto benéfico de los microorganismos del suelo (rizobacterias); por lo que no se aprovecha las ventajas que brindan en la promoción del crecimiento vegetal, en el aporte de nitrógeno a partir del N atmosférico, en la disponibilidad del fósforo y en la protección vegetal.

Ese escaso conocimiento no permite darle la real importancia al uso de inoculantes, biofertilizantes o productos biotecnológicos a base de cepas seleccionadas de rizobacterias, con la finalidad de darle un manejo más saludable al suelo y a la producción sostenible de alimentos menos contaminados, con la ventaja que ello puede significar una mejora para la economía del agricultor productor de garbanzo al poder lograr mejores precios, así como por el valor agregado para la salud y nutrición de la población, referidos al consumo de proteína de calidad.

Como parte de la problemática se menciona que no existen investigaciones en el cultivo de garbanzo en condiciones de clima y suelo de las zonas productoras del valle de Ica, sobre la utilización de las rizobacterias seleccionadas que les permita a los agricultores de la región Ica, conocer las ventajas de su uso. No existe un programa de leguminosas de grano que incluya al garbanzo, con investigaciones que atiendan la necesidad de los agricultores, y propongan alternativas para una producción sostenible, ante el tradicional uso indiscriminado de agroquímicos; con el adicional de que siendo una leguminosa aporta materia orgánica al suelo.

Por otra parte, la empresa privada no tiene suficiente demanda que le motive producir y ofertar de manera comercial estos inoculantes, biofertilizantes o productos biotecnológicos a base de rizobacterias seleccionadas cuidadosamente en laboratorio especializado; por lo que no se aprovecha este recurso renovable que sería de fácil acceso por parte de los agricultores productores de garbanzo, propietarios de pequeñas unidades agrícolas; además de contribuir con la conservación del ambiente.

En consecuencia, los pequeños agricultores que son los productores de esta menestra tan importante después del pallar, aún no tienen la posibilidad de utilizar estos productos biotecnológicos que les permitiría de manera innovadora, lograr cosechas sostenibles que podrían ser más rentables por disminuir el uso de fertilizantes sintéticos y con el valor agregado de producir un grano más sano y nutritivo como es el garbanzo, que, a su vez, puede lograr mejores precios.

1.2.1 Formulación del problema

Problema general

¿Cuál será el efecto de la inoculación de cepas seleccionadas de rizobacterias en la producción sostenible del cultivo de garbanzo en Subtanjalla – Ica?

Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto de la inoculación de cepas seleccionadas de rizobacterias en el rendimiento del cultivo de garbanzo en las condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica?
- ¿Cuál será el efecto de la inoculación de cepas seleccionadas de rizobacterias en las características morfoproductivas del cultivo de garbanzo en las condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica?

1.3 Antecedentes de la investigación

1.3.1 Antecedentes internacionales

En Cuba [6], reportan los resultados obtenidos de la biofertilización del garbanzo, variedad N6, con la cepa INIFAT-GR1 de *Mesorhizobium cicerii* cultivada sobre suelo Ferralítico Rojo, empleando un diseño en bloques al azar. Señalan que la cepa estudiada, previamente seleccionada por método de bioescreening, mostró un alto índice de colonización, obteniendo valores elevados en el número, peso y contenido de nitrógeno de los nódulos formados cuando se aplicaron las dosis más reducidas de fertilizante nitrogenado. Indican que el comportamiento del desarrollo de las plantas en función de diferentes indicadores del crecimiento y rendimiento evaluados, no se afectó cuando se redujo hasta un 70 % la dosis de fertilizante nitrogenado en relación con el control, resultando finalmente con la inoculación, rendimientos agrícolas del orden de 1.2 t ha⁻¹, sin afectar la calidad de los granos cosechados, contribuyendo de esta forma a la disminución de la fertilización química.

García et al. [7], en la provincia de Artemisa en Cuba realizaron una investigación con la variedad de garbanzo Nacional-29, del Banco de Germoplasma del INIFAT, siendo los 1 tratamientos: *Mesorhizobium* spp; *Bacillus megatherium*; *Mesorhizobium* spp + *Bacillus megatherium* + Materia Orgánica; *Mesorhizobium* spp + *Bacillus megatherium* + Fertilizante; *Mesorhizobium* spp + *Bacillus megatherium* + Materia Orgánica + Fertilizante. Evaluaron las variables morfológicas, rendimiento y sus componentes principales como el número de vainas por planta, el peso de vainas/planta (g), rendimiento/planta (g) y el rendimiento expresado en Kg/ha. Como resultado, indican que la coinoculación de *Mesorhizobium* spp y *Bacillus megatherium* var posphaticum resultó efectiva, en el diámetro del tallo se observa una tendencia al aumento en las plantas tratadas. En el caso de las vainas por planta, existe un incremento notable al ser inoculadas las

plantas, aunque no presentan diferencias significativas los tratamientos en que se combina la biofertilización con las fertilizaciones orgánica y mineral.

Sánchez-Yañez et al. [8], reportan su trabajo de investigación que realizaron en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-México, con el objetivo de analizar la respuesta del garbanzo a la inoculación con *Azotobacter vinelandii* y *Burkholderia cepacia* a la dosis 50% del FN, utilizando nitrato de amonio (NO₃NH₄) como fertilizante nitrogenado (FN) a las dosis 100% (10g/L) y 50 % (5g/L) para el garbanzo inoculado con las BPCV; con las variables/respuesta en su semilla: por ciento (%) de germinación; luego su fenotípica y biomasa aérea y radical. Señalan que los resultados indicaron una respuesta positiva de la semilla de garbanzo a la doble inoculación con ambas bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV), al igual que a plántula y floración, donde el garbanzo alcanzó un peso seco total (PST) de 0,82 g, valor estadísticamente diferente y significativo, comparado con los 0,71g de PST del garbanzo sin inocular con el FN al 100% o control relativo (CR). Indican que estos resultados sugieren una respuesta positiva del garbanzo que optimizó la dosis 50% del FN, por una acción sinérgica de los dos géneros de BPCV en sus raíces, lo que podría evitar en parte la pérdida de fertilidad del suelo y la contaminación ambiental, por la aplicación en exceso del FN.

Ortega-García et al. [9], seleccionaron cepas de *Mesorhizobium* sp, efectivas para el incremento de rendimiento en el cultivo del garbanzo, debido a la variabilidad que en los últimos años mostró la cepa INIFAT GR-1. Las cepas que resultaron positivas fueron purificadas y se les realizó una caracterización morfológica, fisiológica y bioquímica, que permitió la inclusión de dos de ellos dentro del género *Mesorhizobium*. Demostraron en condiciones in vitro, su compatibilidad con *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megatherium* var *phosphaticum*, y *Bacillus subtilis*, y los plaguicidas Poncho, Celest Top, Gaucho FS-60, Gaucho MT, Yunta, Celest, TMTD, Cropstar y Apron Star. Respecto a los efectos bajo condiciones de campo ambas cepas propiciaron el crecimiento, desarrollo y rendimiento del garbanzo (vainas y granos) con valores estadísticos superior a los patrones empleados. Concluyen que, el empleo de los mejores aislados provocó un efecto estimulador sobre el rendimiento de la variedad Nacional-29, superior al 42 %, con relación a las plantas controles.

Aldonate et al. [10], informan que, en Tucumán, Argentina realizaron una investigación con el objetivo de caracterizar rizobacterias nativas y evaluar su desempeño como promotoras del crecimiento vegetal en garbanzo en condiciones controladas; para lo cual, semillas de garbanzo desinfectadas y pregerminadas se

inocularon por inmersión en las suspensiones de seis bacterias seleccionadas por diversas propiedades, se sembraron en macetas con vermiculita esterilizada y se colocaron en cámara de cría a 22 ± 2 °C, humedad 25 % y fotoperiodo 16/8 horas. A los 45 días, los resultados mostraron que los aislamientos Ba, Pf, YM1, Ym3, YM4 y Me, solubilizan fosfato tricálcico y producen sideróforos; mientras que Ba, Pf, YM1, YM3, Ym4, presentan actividad nitrogenasa, y Ba, Me y YM4 producen inhibición de micelio fúngico. Señalan que, como consecuencia de la inoculación con estos aislamientos, se incrementaron altura de planta, contenido de fósforo foliar y peso seco de la parte aérea.

En relación con el cultivo del garbanzo, se ha estudiado que la coinoculación de rizobios - PGPR produce aumento del número de nódulos, de la fijación biológica de nitrógeno, mejora la respuesta a situaciones de estrés, etc. En este sentido [11] obtuvieron resultados promisorios de la interacción de *Mesorhizobium* sp. y *Bacillus* sp., solubilizador de fósforo, en dos variedades de garbanzo demostrando así la posibilidad de utilizar esta alternativa para la mejora de la nutrición del cultivo. Estas asociaciones confieren a la tecnología del cultivo un componente de sostenibilidad, al influir en el beneficio económico del garbanzo por concepto de ahorro de fertilizantes nitrogenados y disminución del efecto contaminante del producto químico.

En la provincia de Tucumán, resultados preliminares demostraron el efecto de la coinoculación con diferentes formulaciones comerciales de microorganismos promotores de crecimiento sobre la nodulación y la productividad del cultivo de garbanzo [10]. Las evidencias demuestran el efecto estimulante para la planta de la inoculación bacteriana, lo que estaría indicando que este cultivo presenta una fuerte dependencia de esta práctica, y se destaca la conveniencia de la adopción de tecnologías modernas del uso de inoculantes para el sostenimiento de altos rendimientos en el cultivo de garbanzo en la región del Nor Oeste de Argentina.

1.3.2 Antecedentes nacionales

Palomino [12], informa que realizó un comparativo de rendimiento de 35 accesiones de garbanzo procedente de ICARDA, y según sus resultados, más de la mitad de las accesiones evaluados presentaron alto potencial de rendimiento, buena adaptación y cierta tolerancia a las pudriciones radicales y muestran grandes posibilidades de ser adaptados a condiciones de clima y suelo de la costa central (La Molina) en invierno, con excepción de las accesiones 27, 26, 17, 29, 32, 24, 33, 34, 13, 12, 35, 08, 28 y 14 que no se adaptaron bien. Las accesiones 20, 10, 18, 02, 03, 06 y 25

destacaron por sus cualidades agronómicas y adaptabilidad, siendo una interesante alternativa como fuente protéica. Las accesiones que alcanzaron los más altos rendimientos fueron: 20, 10, 18, 04 y 15, con 1630.50, 1590.80, 1321.70, 1250.60 y 1181.95 kg/ha, respectivamente, superando el promedio nacional que es de 1150 kg/ha.

Ñopo [13], informa que evaluó el rendimiento de grano de doce variedades promisorias de garbanzo bajo condiciones de La Molina, procedentes del Centro Internacional para la Investigación Agrícola en Áreas Áridas (ICARDA) y dos testigos locales, en un Diseño de Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones, en siembra de agosto. Señala que encontró diferencias altamente significativas en el comportamiento de las variedades de garbanzo para el rendimiento de grano y la variedad FLIP95-23C con 1606 kg/ha fue la que obtuvo mejor rendimiento que superó el promedio nacional además del testigo Blanco español y Rosado precoz. Todas las variedades fueron precoces para las características días a la floración y días a la madurez de cosecha. Los granos de las variedades fueron de tamaño pequeño a mediano, el color del grano fue rosado y otros blancos, de testa rugosa y lisa y de forma lobulada y globosa.

1.3.3 Antecedentes locales

En el distrito de Santa Cruz – Palpa, Chipana [14], realizó su trabajo de investigación en garbanzo, variedad “Precoz”, en un suelo de textura franco limoso, pH ligeramente alcalino, sin problema de sales, de capacidad de intercambio catiónico media, sembrando en época oportuna, con un solo riego por inundación, evaluó ocho tratamientos con diversos nutrientes que se aplicaron vía foliar: Biol, Poliphos (P), Nitrofoska (NPK) y Sett (Ca - B), que se aplicaron en diversos momentos de las etapas fenológicas del cultivo, según sus requerimientos. Como resultado, reporta que el mayor rendimiento lo obtuvo con la combinación Poliphos + Nitrofoska en dos momentos y una aplicación de Sett, logrando 2,855.95 kg/ha de grano seco. Como conclusión, sostiene que todos los tratamientos superaron al testigo absoluto en la mayoría de variables evaluadas, destacando el número de vainas por planta y el peso de 100 granos, notándose claramente la importancia de la nutrición de la planta en momento oportuno.

Clemente y Espino [15], reportan que en su trabajo de investigación probaron cepas de rizobacterias obtenidas y seleccionadas en la Universidad Nacional Agraria La Molina con un nutriente orgánico “Siete en uno”, en diferentes combinaciones, modalidades y momentos. Señalan que probaron ocho combinaciones y dos testigos

NP+ y NP- haciendo un total de diez tratamientos, con cuatro repeticiones en el DBCA. Informan que como resultados encontraron que el mayor rendimiento varió de 68.88 g/planta y 2,870.10 kg ha⁻¹ de grano seco, del tratamiento (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.+ Siete en Uno (Semilla) – Re-inoculación (drench) – Siete en Uno (Foliar)), hasta 62.54 g/planta y 2,606.02 kg ha⁻¹ de grano seco, del tratamiento (Siete en Uno (Semilla) – Siete en Uno (Foliar)); superando significativamente al testigo TN-. Sostienen que los resultados que obtuvieron permiten asumir que obtuvieron respuesta positiva de las rizobacterias y el nutriente orgánico en el rendimiento del cultivo de garbanzo, superando al testigo absoluto (TN-) que se comportó de similar manera que el testigo NP+, de mayor costo y contaminante al medio ambiente.

Verástegui [16], informa que evaluó el efecto de la aplicación de productos biotecnológicos consistentes en dos cepas seleccionadas de rizobacterias, en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla - Ica, con cinco tratamientos: 1(*Bacillus* sp. B13), 2 (*Rhizobium* sp. E10), 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.), 4(testigo fertilizado NP+) y 5(testigo absoluto), con cinco repeticiones, con el Diseño de Bloques Completos al Azar, en siembra del mes de junio y cosecha a los 129 días de la siembra. Los resultados obtenidos en el presente estudio, indican que los productos biotecnológicos a base de rizobacterias seleccionadas, tuvieron efecto positivo en el crecimiento de las plantas de garbanzo, tanto en la longitud del follaje como en la acumulación de materia seca, igualando al testigo fertilizado y superando siempre al testigo absoluto; la inoculación combinada, igualó al testigo fertilizado en los principales componentes del rendimiento como número de vainas por planta, peso de 100 granos, rendimiento unitario, superando al testigo absoluto. Todos los tratamientos inoculados y el testigo fertilizado, obtuvieron similar porcentaje de Nitrógeno en el grano.

1.4 Justificación e importancia de la investigación

1.4.1 Justificación

Como señalan Moreno et al. [26], para generar mayores rendimientos en los cultivos, se ha venido incrementado significativamente las dosis de fertilizantes sintéticos por unidad de superficie, los cuales, como se sabe, pueden provocar y están provocando contaminación al ambiente, daños a la salud y pérdida de la fertilidad de los suelos, convirtiéndose en una de las preocupaciones más importantes en la producción agrícola. Por lo que, conscientes del problema generado, se hace necesario buscar nuevas alternativas más amigables con el ambiente, y para mejorar la producción sin

el uso de fertilizantes de origen sintético, las investigaciones se están orientando hacia el desarrollo de nuevas biotecnologías: provocando que exista un interés creciente en los microorganismos benéficos del suelo ya que éstos pueden promover el crecimiento de las plantas y, en algunos casos, evitar infecciones del tejido vegetal por patógenos.

La realización de investigaciones para potenciar la rentabilidad del cultivo de garbanzo de manera sostenible, utilizando cepas seleccionadas de rizobacterias, abre nuevas posibilidades al cultivo y permite contribuir con la obtención de cosechas más sanas, permitiendo la disminución de la contaminación del suelo y agua y aportar con la seguridad alimentaria local, regional y nacional.

Por lo que, la presente investigación, se justifica plenamente que se incluya al garbanzo, leguminosa de grano de importancia regional después del pallar, por la calidad de proteína que aporta a la nutrición, en las investigaciones modernas donde se están utilizando productos biotecnológicos, con el mínimo impacto ambiental, en reemplazo de fertilizantes sintéticos, lo cual unido a un manejo integrado de plagas y enfermedades hará posible lograr cosechas más saludables, lo que se espera lograr en el más corto plazo posible.

La necesidad de consumir alimentos más sanos, menos contaminados por el uso indiscriminado de agroquímicos, justifica realizar investigaciones en este cultivo que tiene gran demanda y buen precio en el mercado; por lo que utilizar innovaciones biotecnológicas, contribuye a mejorar el bienestar de las familias de los agricultores productores de garbanzo.

1.4.2 Importancia

El garbanzo, menestra de gran importancia para nuestra región después del pallar y del país después del frijol, ha sido relegado en los programas de investigación de las instituciones públicas, a pesar que es reconocida su importancia en la nutrición humana por la calidad de su proteína que aporta, además de otros compuestos orgánicos.

De acuerdo con [26], las interacciones de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) con el medio biótico, ya sean plantas o microorganismos, son muy complejas y utilizan diferentes mecanismos de acción para promover el crecimiento de las plantas; uno de esos mecanismos es la Biofertilización, con lo cual se puede reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos y los impactos negativos al suelo, logrando aumentar el

rendimiento de los cultivos, contribuyendo a la economía del productor y a la alimentación de la población.

Existen cepas seleccionadas de rizobacterias benéficas cuyo comportamiento es diverso, como fijadoras de nitrógeno a través de la simbiosis con la planta; otras son promotoras del crecimiento vegetal, otras ayudan a la solubilización y una mejor asimilación del fósforo; y otras, se comportan como biocontroladores de patógenos que ocasionan enfermedades importantes; dichas rizobacterias, no están siendo utilizadas y aprovechadas en el cultivo de garbanzo, teniendo muy buenas referencias exitosas en otros cultivos.

La importancia de la presente investigación aplicada, tiene que ver con la utilización de cepas seleccionadas de rizobacterias en el cultivo de garbanzo y desde la Universidad se desea aportar identificando y comprobando la acción de los microorganismos benéficos de fácil manipulación, a fin de que sea una innovación tecnológica que se proponga a los agricultores productores de esta menestra en la región Ica y procurar producir granos más saludables, con lo cual, pueden lograr mejores precios, mejorar su rentabilidad y contribuir con el bienestar socio-económico de sus familias y su entorno cercano.

En tal sentido, se considera que es realmente importante proponer algunas innovaciones biotecnológicas que se viene utilizando con éxito en otras leguminosas y otros cultivos en general, por lo tanto, se propone investigar sobre el uso de inoculantes solos y combinados aplicados a la semilla de garbanzo para lograr disminuir el costo de producción en el rubro de fertilizantes, comparando con los respectivos testigos, siendo un importante aporte a la investigación de esta leguminosa.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

La inoculación con cepas seleccionadas de rizobacterias tiene efecto positivo en la producción sostenible del cultivo de garbanzo en condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica.

1.5.2 Hipótesis específicas

- La inoculación con cepas seleccionadas de rizobacterias tiene efecto positivo en el rendimiento del cultivo de garbanzo en condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica.

- La inoculación con cepas seleccionadas de rizobacterias tiene efecto positivo en las características morfoproductivas del cultivo de garbanzo en condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica.

1.6 Objetivos de la investigación

1.6.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la inoculación con cepas seleccionadas de rizobacterias en la producción sostenible del cultivo de garbanzo en condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica.

1.6.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la inoculación con cepas seleccionadas de rizobacterias en el rendimiento del cultivo de garbanzo en condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica.
- Determinar el efecto de la inoculación con cepas seleccionadas de rizobacterias en las características morfoproductivas del cultivo de garbanzo en condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica.

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1 Ubicación del campo experimental

La fase experimental de la presente investigación se llevó a cabo en el fundo “Agrorgánica” que se encuentra ubicado en el caserío Arrabales, distrito Subtanjalla, provincia y departamento de Ica, zona media del valle de Ica, con las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud 14°01'30.86''S
- Longitud 75°44'42.84''O
- Altitud 425 m.s.n.m

Coordenadas UTM:

- 18L 419528.75 m E
- 8449353.97 m S

2.2 Análisis de suelo

Para tener información sobre las características físico mecánicas del suelo, del terreno donde se instaló el cultivo de garbanzo, se extrajeron cinco sub muestras de diversas partes del campo experimental, a unos 30 cm de profundidad, siguiendo el método del zigzag, dichas sub muestras se mezclaron, homogenizaron y se obtuvo una muestra representativa de 1 kg, aproximadamente, que fue enviada al laboratorio de especialidad para su análisis respectivo (Tabla 1).

TABLA 1
ANÁLISIS FÍSICO – MECÁNICO DEL SUELO

Determinación	Profundidad del suelo (00-30 cm)	Método empleado
Arena (%)	78.56	Densímetro
Limo (%)	12.42	Densímetro
Arcilla (%)	9.02	Densímetro
Textura	Franco arenoso	Triangulo textural

Nota: Resultados proporcionados por el Laboratorio Agrícola. CITE AGROINDUSTRIAL

De igual manera, la misma muestra representativa de suelo, fue utilizada para el análisis químico respectivo (Tabla 2).

TABLA 2
ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

Determinación	Suelo 00 - 30 cm	Método empleado	Interpretación
CaCO ₃ (%)	3.00	Neutralización ácida	Medio
C.E (dS/m)	2.41	NOM – 021- SEMARNAT – 2000 – AS – 16 al 18	Ligeramente salino
pH	8.28	NOM – 021- SEMARNAT – 2000 – AS – 02	Alcalino
Materia orgánica (%)	0.99	Ignición	Muy bajo
Nitrógeno total (%)	0.05	Cálculo – Ignición	Bajo
P (ppm)	17.91	Olsen – espectrofotometría uv- vis	Alto
C.I.C meq/100 g	9.42	Titulación con EDTA	Bajo
Ca ⁺⁺ meq/100 g	7.31	Titulación con EDTA	Alto
Mg ⁺⁺ meq/100g	1.32	Titulación con EDTA	Alto
K meq/100 g	0.65	Espectrofotómetro de absorción atómica – emisión	Bajo
Na meq/100 g	0.14	Espectrofotómetro de absorción atómica – emisión	Bajo

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

2.3 Observaciones meteorológicas

Para obtener información sobre los principales parámetros meteorológicos que ocurrieron durante el período de conducción del cultivo de garbanzo, se solicitó la información oficial del SENAMHI, institución que proporcionó los datos de la Estación meteorológica CO-TACAMA – SENAMHI – ICA (Tabla 3).

TABLA 3
OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS DE JUNIO A SETIEMBRE 2021.

Meses	Temperatura °C			Horas de sol mensual (unidad)	Humedad relativa Mensual (%)
	Maxima	Media	Mínima		
Junio	24.9	17.62	10.34	211.4	86.4
Julio	26.08	18.14	10.2	217.4	85.9
Agosto	27.29	18.96	10.62	232.3	86.77
Setiembre	28.2	19.63	11.05	194.9	82.01

Nota: Datos proporcionados por la Estación meteorológica CO-TACAMA – SENAMHI – ICA.

Latitud Sur : 13° 59'59.1"
 Longitud Oeste : 75° 43'14"
 Altitud : 440 msnm.

2.4 Material biológico

El material biológico consistió en:

Semilla: grano de garbanzo cultivar Precoz de Ocucaje, de reciente cosecha

Rizobacterias: consistente en dos cepas seleccionadas de procedencia del Laboratorio de Ecología microbiana y Biotecnología de la Facultad de Ciencias – Universidad Nacional Agraria La Molina.

Cepa 1 = *Bacillus* sp. Cepa B13

Cepa 2 = *Rhizobium* sp. Cepa E15

2.5 Tratamientos en estudio

Los tratamientos que se evaluaron en el presente estudio se conformaron por la aplicación de dos cepas seleccionadas de rizobacterias (*Bacillus* sp cepa B13 y *Rhizobium* sp. cepa E15), las cuales se inocularon a la semilla de garbanzo solas y combinadas con sus respectivos testigos: fertilizado NPK+ y Testigo absoluto, siendo cinco tratamientos en total (Tabla 4).

TABLA 4
TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Nº	Tratamientos	Dosis (ml/kg de semilla)
1	<i>Bacillus</i> sp. Cepa B13	1.0
2	<i>Rhizobium</i> sp. Cepa E15	1.0
3	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Rhizobium</i> sp.	0.5 + 0.5
4	T fertilizado NPK	40-40-40 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O
5	Testigo absoluto	Sin aplicación

2.6 Tipo y Nivel de la investigación

La presente investigación es de tipo cuantitativa y experimental.

Por el nivel, es una investigación aplicada, porque se trata de una investigación que busca resolver problemas prácticos, precisamente teniendo en cuenta la investigación básica, previa; por lo que, considera una serie de tratamientos que se aplican a las unidades experimentales diseñadas, considerando el nivel correlacional, explicativo de los resultados de la evaluación de cada variable considerada.

2.7 Población y Muestra del estudio

La población estuvo representada por las 600 plantas de garbanzo precoz, de Ocucaje, de 120 días de ciclo del cultivo, que se sembró en todo el campo experimental. En consecuencia, la muestra se refiere a las 75 plantas en las cuales se realizaron las

evaluaciones planificadas, correspondiendo a cinco plantas por unidad experimental, de cada uno de los cinco bloques o repeticiones del presente estudio.

2.8 Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación, se refiere a la relación que se estableció con el fin de examinar la influencia de las variables independientes (X) que vienen a ser las cepas de rizobacterias y la variedad de garbanzo utilizada, sobre las dependientes (Y), que vienen a ser el rendimiento de grano y el contenido de Nitrógeno en el grano. Por lo que, con el diseño del presente estudio, se responde la pregunta de investigación controlando las variables independientes y analizando cómo afectan a las variables dependientes en estudio.

2.9 Diseño experimental

En la presente investigación se utilizó el diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con cinco tratamientos en cinco repeticiones, haciendo un total de 25 unidades experimentales o parcelas (Figura 1).

2.10 Características del campo experimental

- ❖ Dimensiones del terreno:
 - Largo : 15.00 m
 - Ancho : 6.00 m
 - Área Total : 90.00 m²
 - Área de calles : 18.00 m²
 - Área Neta : 72.00 m²

- ❖ Bloques:
 - Largo de un bloque (sentido transversal del surco) : 6.00 m
 - Ancho de un bloque (sentido longitudinal del surco) : 2.40 m
 - Área de un bloque : 14.40 m²
 - Número de bloques : 5

- ❖ Parcela experimental
 - Largo de parcela (sentido longitudinal del surco) : 2.40 m
 - Ancho de parcela (sentido transversal del surco) : 1.20 m
 - Área de una parcela : 2.88 m²
 - Número de surcos/parcela : 2
 - Número de golpes por parcela : 12
 - Número de plantas por golpe : 2
 - Distancia entre surcos : 0.60 m
 - Distancia entre golpes : 0.40 m

Croquis experimental:

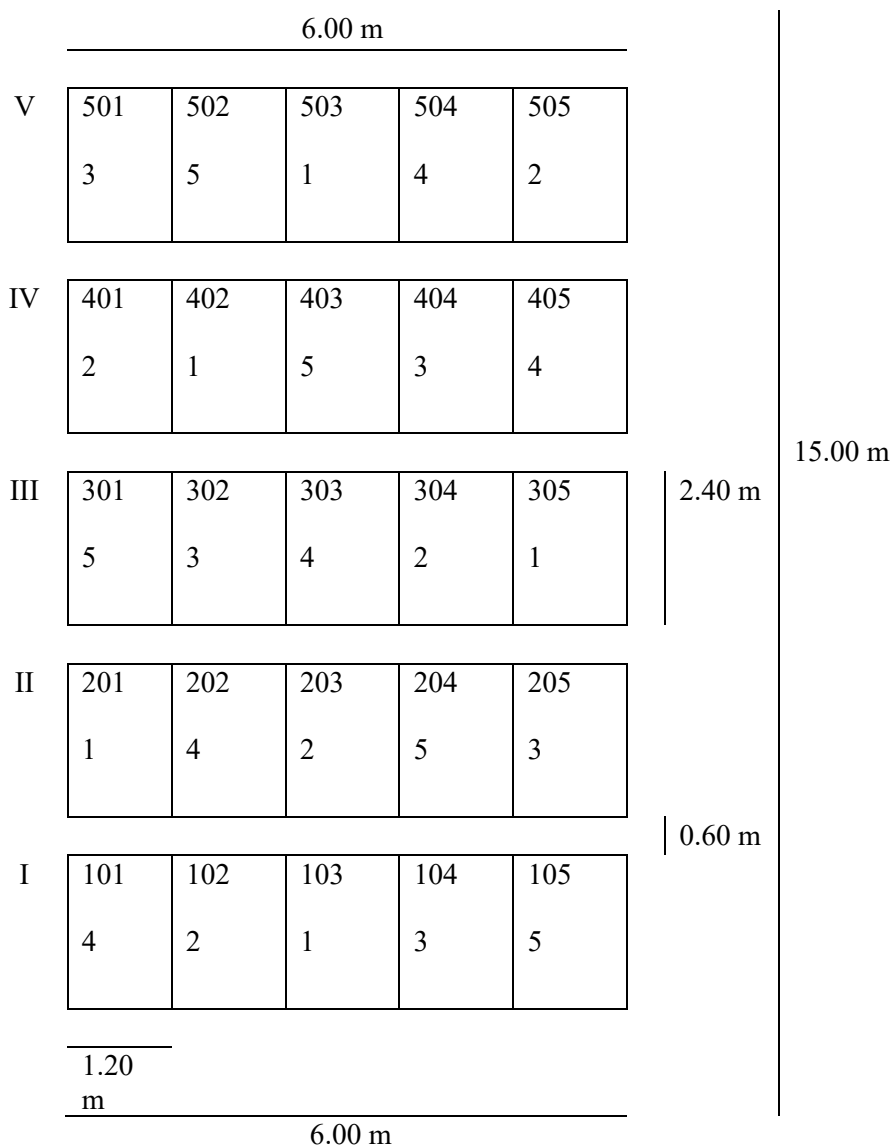


Figura 1. Distribución de tratamientos en el croquis experimental

2.11 Metodología de la aplicación de los tratamientos

La metodología que se siguió para aplicar los tratamientos durante la conducción del presente estudio, se detalla a continuación:

- Momentos antes de la siembra, se realizó la inoculación de la semilla con las cepas seleccionadas de *Bacillus* sp. (B13) y *Rhizobium* sp. (E15) solas y combinadas, según el tratamiento correspondiente; para lo cual se impregnó la semilla con la pasta preparada con 1 ml de inoculante/kg de semilla y pequeñas cantidades de agua mineral, frotando suavemente la semilla con dicha pasta, para favorecer su impregnado de manera homogénea, dejando luego en reposo por breves minutos, antes de proceder a la

siembra.

- En las parcelas donde se observa la clave 1, se sembró la semilla de garbanzo inoculada solamente con la cepa B13 de *Bacillus* sp.
- En las parcelas donde se observa la clave 2, se sembró la semilla de garbanzo inoculada solamente con la cepa E15 de *Rhizobium* sp.
- En las parcelas donde se observa la clave 3, se sembró la semilla de garbanzo inoculada con la combinación de la cepa B13 de *Bacillus* sp. + E15 de *Rhizobium* sp.
- En las parcelas donde se observa las claves 4 y 5, se sembró la semilla de garbanzo desinfectada con el fungicida Rhizolex T, a razón de 4 g/kg de semilla.
- En las parcelas, de clave 4, correspondiente al testigo fertilizado, se aplicó la dosis 40N-40 P₂O₅-40 K₂O, con el fertilizante compuesto 40-40-40 de NPK.
- A los 35 días después de la siembra (dds) se extrajeron tres plantas por parcela para una primera evaluación de plantas, nódulos y materia seca.
- A los 50 dds, se extrajeron tres plantas por parcela para la segunda evaluación de plantas, nódulos y materia seca.

2.12 Conducción del experimento

Preparación del Terreno

El terreno donde se desarrolló la presente investigación fue de tamaño pequeño; por lo que la mayoría de labores se realizaron de manera manual o a tracción animal (caballo).

La preparación de terreno se inició el 28 de mayo del año 2021, con la limpieza del campo experimental, recogiendo restos de rastrojos y eliminando las malezas que crecieron en el campo que en la campaña anterior estuvo en descanso.

Seguidamente, el 29 de mayo, se realizó la aradura en seco con tracción animal, removiendo el suelo para dejarlo mullido en camellones formados distanciados a 1.20 m entre ellos y planchado, quedando listo para el riego de machaco.

El día 30 de mayo, a través del sistema de riego localizado por goteo, se realizó el riego de machaco durante dos horas; colocando sobre el camellón, dos cintas de riego distanciadas a 0.60 m entre ellas.

Demarcación del campo experimental

El día 2 de junio del 2021, se realizó la demarcación del campo de acuerdo a las dimensiones establecidas en el croquis experimental, utilizando wincha, cordel, estacas, yeso y tarjetas para identificar cada bloque, cada parcela y luego proceder a la siembra respectiva.

Inoculación y Siembra

Previamente, las semillas se seleccionaron y se contaron las necesarias por cada parcela y se colocaron en bolsas transparentes, de primer uso, debidamente identificadas.

El día 3 de junio de 2021, momentos antes de la siembra, en ambiente bajo sombra, se procedió a realizar la inoculación de las semillas con los inoculantes Cepa B13 = *Bacillus* sp. y Cepa E15 = *Rhizobium* sp con una dosis de 0.5 ml de cada inoculante por kg de semilla.

Luego se procedió a la siembra, labor que se realizó manualmente con ayuda de una lampa, con la cual se fue realizando cada hoyo donde se depositaron tres semillas por golpe a un distanciamiento de 0.60 m entre hileras y 0.40 m entre golpes. Tomando precaución de que los golpes de semillas no queden muy cerca a los goteros de la cinta.

Resiembra

Después de evaluar el porcentaje de emergencia a los diez días después de la siembra, se tomó la decisión de realizar la resiembra en las parcelas con el menor porcentaje de emergencia, y el día 13 de junio, se tuvo que proceder a la inoculación de la semilla que se iba a resembrar en cada parcela evaluada, con la metodología ya descrita. Se inoculó la semilla con la Cepa 1= *Bacillus* sp. B13 y Cepa 2= *Rhizobium* sp. E15, solas o combinadas, según el tratamiento, colocando tres semillas por golpe donde correspondía.

Riegos

Los riegos que se aplicaron al cultivo de garbanzo fueron a través del sistema localizado por goteo, los mismos que fueron inter diarios, y teniendo en cuenta el clima, tuvieron una duración de 30 minutos, ya que el garbanzo no es muy exigente en agua y por el contrario, no tolera exceso de humedad al pie de planta; por lo que se tuvo especial cuidado en este aspecto, retirando siempre las cintas del cuello de planta. El distanciamiento entre goteros fue de 30 cm, con un caudal aproximado de 2 L/h) (Tabla 5).

TABLA 5
CRONOGRAMA DE RIEGO CON SISTEMA LOCALIZADO POR GOTEO

Mes	Tiempo	Total m ³ /ha
Junio	14 horas	700.00 m ³
Julio	10 horas	500.00 m ³
Agosto	12 horas	600.00 m ³
Setiembre	14 horas	700.00 m ³
Total	50 horas	2 500.00 m ³

Deshierbos

La labor de deshierbo se realizó con mayor énfasis durante la etapa vegetativa del cultivo de garbanzo a fin de evitar la competencia nociva de las malezas por luz, nutrientes, agua y espacio, las que eliminaron en forma manual o con lampa para facilitar la labor.

En total, se realizaron tres deshierbos principales, el 28 de junio, el 30 de julio y el 25 de agosto, y adicionalmente, siempre se extraían las malezas ubicadas cerca al golpe de plantas, de modo tal que se procuró tener el campo limpio.

Biofertilización para el manejo sostenible del garbanzo

Los biofertilizantes que se utilizaron en el presente estudio consistieron en la aplicación de los inoculantes a base de cepas seleccionadas de rizobacterias, tal como la cepa B13 de *Bacillus* sp., cuya función es contribuir con la solubilización del fósforo e incrementar su disponibilidad para que la planta de garbanzo lo aproveche; y la cepa E15 de *Rhizobium* sp., cuya actividad simbiótica y la fijación biológica del Nitrógeno, permiten que la planta de garbanzo se nutra con los dos macroelementos más importantes para su crecimiento y desarrollo. Caber mencionar que *Rhizobium* sp., E15, no es una cepa específica para garbanzo, sin embargo, se comporta como bacteria promotora del crecimiento, y de igual manera contribuye con una mejor nutrición de la planta para una producción sostenible.

Fertilización

Solamente el testigo fertilizado 4 (NPK) recibió la dosis de 40 N-40 P₂O₅-40 K₂O, con fertilizante compuesto.

Aplicaciones de nutrientes foliares

De manera complementaria se realizaron aplicaciones foliares, según el estado fenológico de las plantas, siendo frecuente la aplicación de biol en la etapa vegetativa del cultivo; productos conteniendo Calcio y Boro en la etapa pre reproductiva y reproductiva y finalizando con la aplicación de productos conteniendo microelementos y potasio foliar en la última etapa del cultivo (Tabla 6).

Manejo fitosanitario para la producción sostenible del garbanzo

Se realizaron un conjunto de estrategias con la finalidad de conducir el cultivo teniendo en cuenta el enfoque agroecológico para una producción sostenible del garbanzo; es decir, procurando un manejo integrado de las plagas de importancia económica del cultivo, basado en las continuas evaluaciones, con mayor énfasis en el control cultural, etológico, legal y biológico, recurriendo al control químico como último recurso; produciendo granos más sanos y contribuyendo con la salud del suelo al evitar contaminarlo (Tabla 6).

TABLA 6
CRONOGRAMA DE APLICACIONES FOLIARES

Fecha	Edad del cultivo	Producto	Dosis
19/06/2021	16	Biol	200ml/ 20L
3/07/2021	30	Biol	200ml/ 20L
14/07/2021	41	Biol	200ml/ 20L
17/07/2021	44	Sett (calcio y boro)	2L/200L – 200ml/20L
19/07/2021	46	Biol	200ml/ 20L
23/07/2021	50	Sett (calcio y boro)	2L/200L – 200ml/20L
26/07/2021	53	Biol	200ml/ 20L
2/08/2021	60	Sett (calcio y boro)	2L/200L – 200ml/20L
9/08/2021	67	Biol	200ml/ 20L
24/08/2021	82	Biol	200ml/ 20L
25/08/2021	83	Oligomix	100g/200L
30/08/2021	88	Oligomix+ potasio	2L/200L – 200ml/20L
1/09/2021	90	Biol	200ml/ 20L
7/09/2021	96	Biol	200ml/ 20L
8/09/2021	97	Oligomix+ potasio	2L/200L – 200ml/20L

Nota: Nutrientes aplicados para una producción sostenible del garbanzo

Con respecto al aspecto fitosanitario, se menciona también que, con la finalidad de proteger las pequeñas plantas del posible daño causado por gusanos de tierra, apenas emergieron, se preparó cebo tóxico a base de afrecho, melaza, agua y el agro químico en las proporciones indicadas, mezclando hasta lograr una masa homogénea con suficiente humedad que de inmediato se aplicó alrededor del cuello de planta en horas de la tarde para lograr un mejor efecto. Seguidamente se prepararon trampas etológicas utilizando melaza y agua, en la proporción de 1:1, insumos que fueron colocados en envases de plástico reciclados y ubicados en diversos lugares del campo experimental, para monitorear adultos de lepidópteros (Tabla 7).

También se realizaron aplicaciones biológicas a base de *Bacillus thuringiensis*, para un mejor manejo del gusano silbador o perforador de vainas (*Heliothis virescens*), así como tres aplicaciones químicas para garantizar la salud de los granos en etapa cercana a la madurez del grano (Tabla 7).

TABLA 7
CRONOGRAMA DEL MANEJO FITOSANITARIO

Fecha	Actividad	Producto	Dosis	Plaga objetivo
15/06/2021	Cebo toxico	Melaza + Afrecho + Lanntae	2 kg+3 kg+ 15 g	Gusanos de tierra
21/06/2021	Trampa etológica	Trampas de melaza	2 kg	Adultos de lepidóptero
22/06/2021	Cebo toxico	Melaza + Afrecho + Lannate	2 kg+3 kg+ 15 g	Gusano de tierra
8/07/2021	Trampa etológica	Trampa de melaza	2 kg	Adultos de lepidóptero
13/07/2021	Aplicación biológica	Biospore 6.4%PM (<i>B. thuringiensis</i>)	300 g/200L	Gusano perforador (<i>Heliothis virescens</i>)
27/07/2021	Aplicación biológica	Biospore 6.4%PM (<i>B. thuringiensis</i>)	300 g/200L	Gusano perforador (<i>Heliothis virescens</i>)
30/07/2021	Aplicación biológica	Biospore 6.4%PM (<i>B. thuringiensis</i>)	300 g/200L	Gusano perforador (<i>Heliothis virescens</i>)
16/08/2021	Aplicación química	Mazon+Lannate	100 g/200L	Gusano perforador (<i>Heliothis virescens</i>)
2/09/2021	Aplicación química	Mazon +Lannate	100 g/200L	Gusano perforador (<i>Heliothis virescens</i>)
24/09/2021	Aplicación química	Mazon	100 g/200L	Gusano perforador (<i>Heliothis virescens</i>)

Nota: Diversas estrategias utilizadas en el manejo fitosanitario del garbanzo

Cosecha

La cosecha se realizó el 05 de octubre del 2021, a los 124 días después de la siembra. Dicha labor consistió en extraer las vainas secas o cascabeles en forma manual, y se fueron colocando en bolsas de papel debidamente rotuladas que luego se llevaron a un lugar ventilado y seguro para completar su secado hasta la trilla.

Trilla

La trilla se realizó diez días después de la cosecha, el 15 de octubre del 2021, extrayendo las semillas en forma manual y colocándolas en un sobre de papel debidamente identificado, para proceder a las evaluaciones finales del grano.

2.13 Variables evaluadas

- Porcentaje de emergencia (%).- A los 10 días después de la siembra, se evaluó el porcentaje de plantas emergidas, contando el número de plantas, respecto de las semillas sembradas por parcela.
- Longitud del follaje (cm).- A los 40 dds se extrajeron tres plantas de cada parcela a las cuales se les separó en dos partes: follaje y raíz. Se anotó la longitud de la parte aérea de las plantas extraídas de cada parcela.
- Longitud de la raíz (cm).- A las mismas plantas que se extrajeron a los 40 dds, se anotó la longitud de raíz, obteniendo el promedio por planta de cada parcela.
- Número de nódulos por planta (unidad).- Se contaron los nódulos de las tres plantas extraídas por parcela en plena floración.
- Longitud del follaje (cm).- A los 60 dds se extrajeron tres plantas de cada parcela a las cuales se les separó en dos partes: follaje y raíz. Se anotó la longitud de la parte aérea de las plantas extraídas de cada parcela.
- Longitud de la raíz (cm).- A las mismas plantas que se extrajeron a los 60 dds, se anotó la longitud de raíz, obteniendo el promedio por planta de cada parcela.
- Peso seco de la biomasa aérea (g).- Se tomó el peso seco de la biomasa aérea de cada una de las plantas extraídas a los 40 y 60 días después de la siembra.
- Peso seco de la biomasa radicular (g).- Se tomó el peso seco de la biomasa radicular de cada planta extraída a los 40 y 60 días de la siembra.
- Número de vainas por planta (unidad). – Se contaron las vainas de cinco plantas por parcela y se obtuvo el promedio por planta de cada parcela.
- Peso de 100 granos (g).- Se promedió el peso de tres grupos de 100 granos secos de cada parcela.
- Peso de granos por planta (g).- Se obtuvo el peso del grano de cinco plantas por parcela y se obtuvo el promedio respectivo.
- Rendimiento de grano por parcela (g) y rendimiento estimado total (kg/ha).- En primer lugar, se obtuvo el peso por parcela, sumando el peso de los granos de las plantas previamente extraídas con el peso de granos del resto de plantas de cada parcela, obteniendo un peso total por parcela que por medio de una regla de tres simple, se transformó a kg/ha.
- Porcentaje de nitrógeno en el grano (%).- Se envió una muestra de 50 g de granos por tratamiento al laboratorio especializado para obtener el porcentaje de N en el grano.

2.14 Procesamiento de la información

Para encontrar la significación estadística entre las fuentes de variación, se realizó el Análisis de varianza (ANVA) para cada una de las variables evaluadas en el presente estudio, tanto al nivel 0.05 como al nivel 0.01 de probabilidad a través de la prueba de “F”, según el diseño en bloques completamente al azar (DBCA).

Para realizar la comparación de promedios de las variables en estudio, se utilizó la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, al nivel 0,05 de probabilidad y se estableció el orden de mérito relativo.

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

III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los análisis estadísticos realizados a los resultados obtenidos en el presente estudio.

3.1 Porcentaje de emergencia

En el análisis de varianza realizado para el porcentaje de emergencia entre tratamientos, se observa que no se ha encontrado diferencia estadística significativa, de igual manera entre bloques o repeticiones, no se ha encontrado diferencia significativa, con un coeficiente de variación de 25.16% (Tabla 8).

TABLA 8

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE EMERGENCIA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	285.6846	71.4211 NS	0.2085	3.007	4.773
Repeticiones	4	1101.5698	275.3924 NS	0.8040	3.007	4.773
Error Experimental	16	5480.1764	342.5110			
Total	24	6867.4307	--	--		
$\frac{S}{X} = 8.277$		C.V. = 25.16 %	Promedio = 73.55%			

Nota: NS. - No existe diferencia significativa

La Prueba de Rango Múltiple de Duncan, compara los promedios del porcentaje de emergencia de todos los tratamientos evaluados (Tabla 9).

TABLA 9

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PORCENTAJE DE EMERGENCIA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Nº	Tratamientos	Porcentaje de emergencia	
		Promedio (%)	Duncan 0.05
2	<i>Bacillus</i> sp. Cepa B13	77.78	a
4	Testigo NPK	75.00	a
3	<i>Bacillus</i> sp + <i>Rhizobium</i> sp.	74.99	a
5	Testigo absoluto	72.22	a
1	<i>Rhizobium</i> sp. Cepa E15	67.78	a

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

3.2 Longitud del follaje a los 35 dds

En el Análisis de varianza realizado para la longitud de la parte aérea de la planta de garbanzo a los 35 días después de la siembra (dds), no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ni entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 5.52% (Tabla 10).

TABLA 10

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DE FOLLAJE A LOS 35 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA - ICA

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	12.1024	3.0256 NS	0.7519	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	36.4344	9.1086 NS	2.2637	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	64.3816	4.0239			
Total	24	112.9184	--	--		
$\frac{S}{\bar{X}} = 0.8971$		C.V. = 5.52 %	Promedio = 36.31 cm			

Nota: NS. - No existe diferencia significativa

TABLA 11

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LA LONGITUD DE FOLLAJE A LOS 35 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA - ICA

Nº	Tratamientos	Longitud de follaje (35 dds)	
		Promedio (cm)	Duncan 0.05
1	<i>Bacillus</i> sp. Cepa B13	37.30	a
4	Testigo NPK	36.86	a
2	<i>Rhizobium</i> sp. Cepa E15	36.14	a
5	Testigo absoluto	35.90	a
3	<i>Bacillus</i> sp + <i>Rhizobium</i> sp.	35.34	a

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

3.3 Longitud de la raíz a los 35 dds

El Análisis de varianza realizado para la longitud de la parte radicular de las plantas de garbanzo a los 35 días después de la siembra (dds), muestra que se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, sin diferencia significativa entre los bloques

o repeticiones, con un coeficiente de variación de 10.84% (Tabla 12).

TABLA 12

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DE LA RAÍZ A LOS 35 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	59.9224	14.9806 *	3.6597	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	10.5184	2.6296	0.6424	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	65.4936	4.0934			
Total	24	135.9344	--	--		
$\frac{S}{\bar{X}} = 0.905$		C.V. = 10.84%	Promedio = 18.67 cm			

Nota: NS. - No existe diferencia significativa.

*.- Existe diferencia significativa

La Prueba de Rango Múltiple de Duncan, compara los promedios de la longitud de follaje de todos los tratamientos evaluados (Tabla 13).

TABLA 13

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LA LONGITUD DE LA RAÍZ A LOS 35 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA - ICA

Nº	Tratamientos	Longitud de la raíz (35 dds)	
		Promedio (cm)	Duncan 0.05
4	Testigo NPK	20.76	a
3	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Rhizobium</i> sp.	19.18	a
5	Testigo absoluto	18.78	a b
1	<i>Bacillus</i> sp. Cepa B13	18.66	a b
2	<i>Rhizobium</i> sp. Cepa E15	15.96	b

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

3.4 Peso seco de la biomasa aérea a los 35 dds

En el Análisis de varianza realizado para el peso seco de la biomasa aérea de las plantas de garbanzo a los 35 días después de la siembra (dds), no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos evaluados; se encontró diferencia significativa entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 23.09% (Tabla 14).

TABLA 14

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE LA BIOMASA AÉREA A LOS 35 DDS EN LA APLICACIÓN DE PRODUCTOS BIOTECNOLÓGICOS EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	8.6780	2.1695 NS	2.1144	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	18.9366	4.7341 *	4.6138	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	16.4172	1.0261			
Total	24	44.0318	--	--		
$\frac{S}{\bar{X}} = 0.4530$		C.V. = 23.09%	Promedio = 4.39 g			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

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

La Prueba de Rango Múltiple de Duncan, compara los promedios del peso seco de la biomasa aérea a los 35 dds, de todos los tratamientos evaluados (Tabla 15).

TABLA 15

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO SECO DE LA BIOMASA AÉREA A LOS 35 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA - ICA

Nº	Tratamientos	Peso seco de la biomasa aérea (35 dds)	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
2	<i>Rhizobium</i> sp. Cepa E15	5.41	a
3	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Rhizobium</i> sp.	4.46	a b
1	<i>Bacillus</i> sp. Cepa B13	4.46	a b
4	Testigo NPK	3.83	b
5	Testigo absoluto	3.77	b

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

3.5 Peso seco de la biomasa radicular a los 35 dds

En el Análisis de varianza realizado para el peso seco de la biomasa radicular por planta de garbanzo a los 35 dds, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio ni entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variación de 16.84% (Tabla 16).

TABLA 16

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE LA BIOMASA RADICULAR A LOS 35 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA - ICA

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	0.0626	0.0156 NS	0.6174	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	0.0961	0.0240 NS	0.9483	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	0.4054	0.0253			
Total	24	0.2555	--	--		
$\frac{S}{\bar{X}} = 0.0712$		C.V. = 16.84%	Promedio = 0.95 g			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

La Prueba de Rango Múltiple de Duncan, compara los promedios del peso seco de la biomasa radicular de todos los tratamientos evaluados (Tabla 17).

TABLA 17

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO SECO DE LA BIOMASA RADICULAR A LOS 35 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Nº	Tratamientos	Peso seco de la biomasa radicular (35 dds)	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
2	<i>Bacillus</i> sp. Cepa B13	1.023	a
3	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Rhizobium</i> sp.	0.982	a
1	<i>Rhizobium</i> sp. Cepa E15	0.927	a
5	Testigo absoluto	0.905	a
4	Testigo NPK	0.889	a

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

3.6 Longitud del follaje a los 50 dds

En el Análisis de varianza realizado para la longitud del follaje de la planta de garbanzo a los 50 días después de la siembra (dds), no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ni entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 7.28% (Tabla 18).

TABLA 18

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DEL FOLLAJE A LOS 50 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	86.3216	21.5804 NS	1.4746	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	19.3816	4.8454 NS	0.3311	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	234.1504	14.6344			
Total	24	339.8536	--	--		
$S_{\bar{X}} = 1.7108$		C.V. = 7.28 %	Promedio = 52.52 cm			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

La Prueba de Rango Múltiple de Duncan, compara los promedios de la longitud de follaje a los 50 dds de todos los tratamientos evaluados (Tabla 19).

TABLA 19

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LA LONGITUD DEL FOLLAJE A LOS 50 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Nº	Tratamientos	Longitud del follaje (50 dds)	
		Promedio (cm)	Duncan 0.05
4	Testigo NPK	54.96	a
2	<i>Rhizobium</i> sp. Cepa E15	54.00	a
1	<i>Bacillus</i> sp. Cepa B13	52.48	a
3	<i>Bacillus</i> sp + <i>Rhizobium</i> sp.	51.44	a
5	Testigo absoluto	49.70	a

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

3.7 Longitud de la raíz a los 50 dds

En el Análisis de varianza realizado para la longitud de la raíz de las plantas de garbanzo a los 50 días después de la siembra (dds), no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, ni entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 9.02% (Tabla 20).

TABLA 20

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DE RAÍZ A LOS 50 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	33.0984	8.2746 NS	2.5789	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	4.1984	1.0496 NS	0.3271	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	51.3376	3.2086			
Total	24	88.6344	--	--		
$S_{\bar{X}} = 0.8011$		C.V. = 9.02%	Promedio = 19.87 cm			

Nota: NS. - No existe diferencia significativa

La Prueba de Rango Múltiple de Duncan, compara los promedios de la longitud de raíz a los 50 dds de todos los tratamientos evaluados (Tabla 21).

TABLA 21

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LA LONGITUD DE RAÍZ A LOS 50 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Nº	Tratamientos	Longitud de la raíz (50 dds)	
		Promedio (cm)	Duncan 0.05
4	Testigo NPK	21.18	a
3	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Rhizobium</i> sp.	20.72	a
1	<i>Rhizobium</i> sp. Cepa E15	20.10	a b
2	<i>Bacillus</i> sp. Cepa B13	19.46	a b
5	Testigo absoluto	17.88	b

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

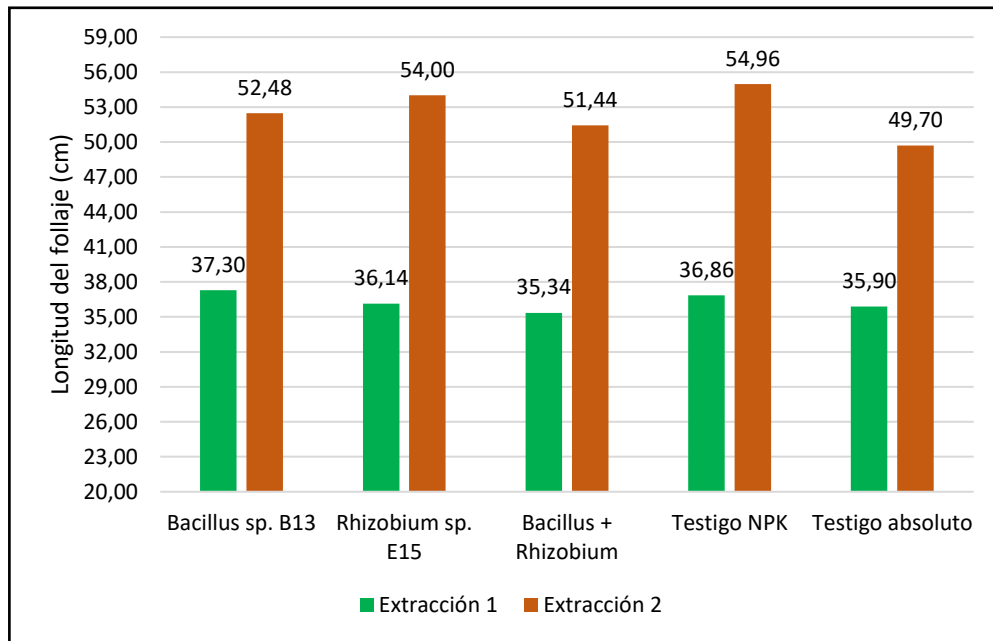


Figura 2. Longitud del follaje de plantas de garbanzo a los 35 y 50 dds

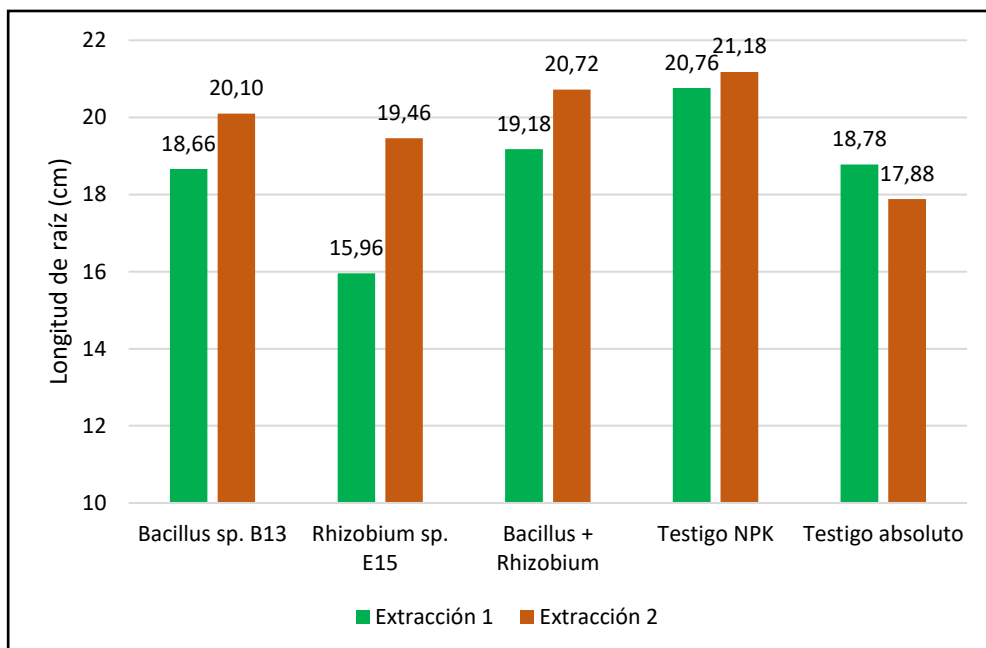


Figura 3. Longitud de raíz de plantas de garbanzo a los 35 y 50 dds

3.8 Peso seco de la biomasa aérea a los 50 dds

En el Análisis de varianza realizado para el peso seco de la biomasa aérea de las plantas de garbanzo a los 50 días después de la siembra (dds), no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, ni entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 10.65% (Tabla 22).

TABLA 22

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE LA BIOMASA AÉREA A LOS 50 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	6.6051	1.6513 NS	1.9089	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	3.1220	0.7805 NS	0.9023	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	13.8409	0.8651			
Total	24	23.5680	--	--		
$\frac{S}{\bar{X}} = 0.4159$		C.V. = 10.65 %	Promedio = 8.74 g			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

La Prueba de Rango Múltiple de Duncan, compara los promedios del peso seco de la biomasa aérea de las plantas de garbanzo a los 50 dds de todos los tratamientos evaluados (Tabla 23).

TABLA 23

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO SECO DE LA BIOMASA AÉREA A LOS 50 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Nº	Tratamientos	Peso seco de la biomasa aérea (50 dds)	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
3	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Rhizobium</i> sp	9.44	a
2	<i>Rhizobium</i> sp. Cepa E15	9.01	a b
4	Testigo NPK	8.89	a b
1	<i>Bacillus</i> sp. Cepa B13	8.39	a b
5	Testigo absoluto	7.96	b

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

3.9 Peso seco de la biomasa radicular a los 50 dds

En el Análisis de varianza realizado para el peso seco de la biomasa radicular de las plantas de garbanzo a los 50 dds, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio ni entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variación de 12.42% (Tabla 24).

TABLA 24

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE LA BIOMASA RADICULAR A LOS 50 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	1.2130	0.3033 NS	2.6915	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	1.2908	0.3227 NS	2.8641	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	1.8027	0.1127			
Total	24	2.7738	--	--		
$\frac{S}{\bar{X}} = 0.1501$		C.V. = 12.42%	Promedio = 2.70 g			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

La Prueba de Rango Múltiple de Duncan, compara los promedios de la biomasa radicular a los 50 dds de todos los tratamientos evaluados (Tabla 25).

TABLA 25

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LA BIOMASA RADICULAR A LOS 50 DDS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Nº	Tratamientos	Peso seco de la biomasa radicular (50 dds)	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
4	Testigo NPK	2.84	a
3	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Rhizobium</i> sp.	2.82	a
2	<i>Rhizobium</i> sp. Cepa E15	2.80	a b
1	<i>Bacillus</i> sp. Cepa B13	2.79	b
5	Testigo absoluto	2.26	b

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

3.10 Peso seco de la biomasa aérea de la planta a los 35 y 50 dds

De manera comparativa se tiene la ganancia de materia seca de la parte aérea de la planta, extraída en dos etapas fenológicas diferentes: en la prefloración y en plena floración.

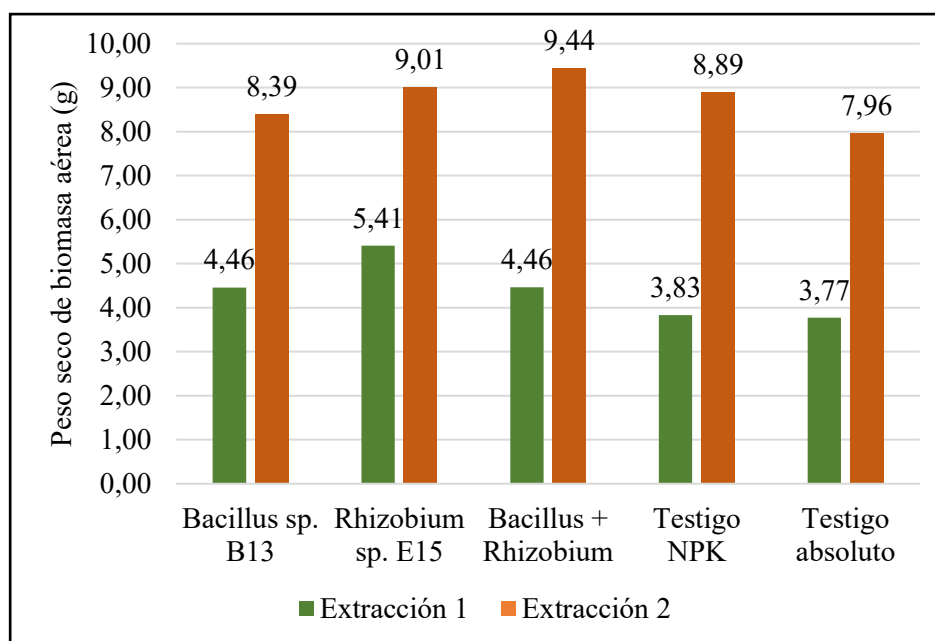


Figura 4. Peso seco de la biomasa aérea de la planta de garbanzo a los 35 y 50 dds

3.11 Peso seco de la biomasa radicular de la planta a los 35 y 50 dds

De manera comparativa se tiene la ganancia de materia seca de la parte radicular de la planta, extraída en dos etapas fenológicas diferentes: en la prefloración y en plena floración.

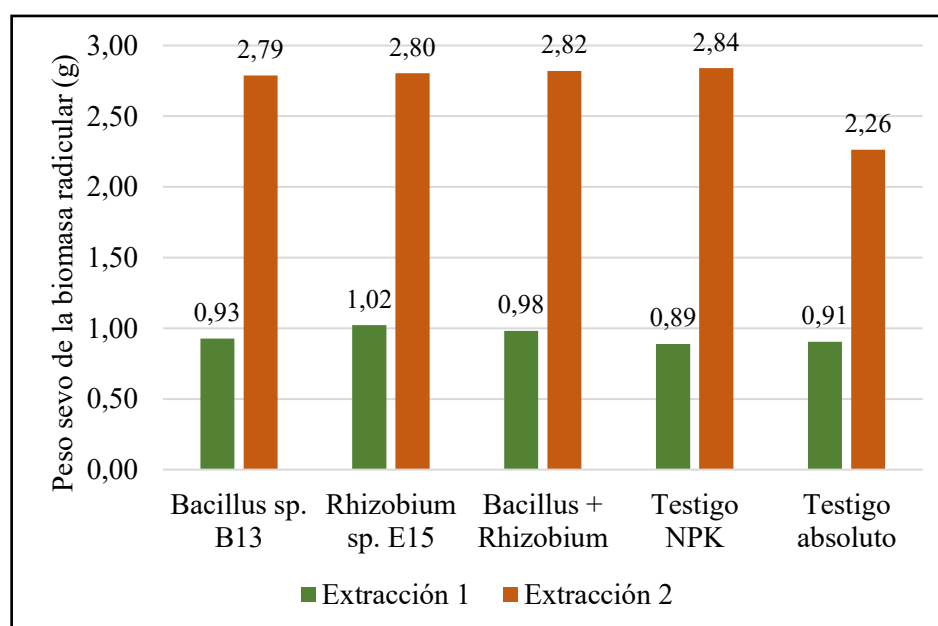


Figura 5. Peso seco de la parte radicular de la planta de garbanzo a los 35 y 50 dds

3.12 Número de vainas por planta

En el Análisis de varianza realizado para el número de vainas por planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio ni entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variación de 17.94% (Tabla 26).

TABLA 26

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	1100.3265	275.0816 NS	0.9420	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	1437.8625	359.4656 NS	1.2310	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	4672.2549	292.0159			
Total	24	7210.4438	--	--		
$\frac{S}{\bar{X}} = 7.6422$		C.V. = 17.94%	Promedio = 95.29 vainas			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

La Prueba de Rango Múltiple de Duncan, compara los promedios del número de vainas por planta de todos los tratamientos evaluados (Tabla 27).

TABLA 27

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Nº	Tratamientos	Número de vainas por planta	
		Promedio (unidad)	Duncan 0.05
4	Testigo NPK	102.87	a
3	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Rhizobium</i> sp.	101.60	a
1	<i>Rhizobium</i> sp. Cepa E15	95.17	a
2	<i>Bacillus</i> sp. Cepa B13	92.13	a
5	Testigo absoluto	84.67	a

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

3.13 Peso de 100 granos

En el Análisis de varianza realizado para el peso de 100 granos, se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio; más no así entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variación de 4.33% (Tabla 28).

TABLA 28

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DE 100 GRANOS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	88.609	22.152 *	3.006	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	65.777	16.444 NS	2.231	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	117.914	7.370			
Total	24	272.299	--	--		
$\frac{S}{\bar{X}} = 1.2141$		C.V. = 4.33%	Promedio = 62.74 g			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

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

La Prueba de Rango Múltiple de Duncan, compara los promedios del peso de 100 granos de todos los tratamientos evaluados (Tabla 29).

TABLA 29

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO DE 100 GRANOS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Nº	Tratamientos	Peso de 100 granos	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
3	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Rhizobium</i> sp.	65.53	a
4	Testigo NPK	64.41	a b
5	Testigo absoluto	61.68	b
1	<i>Bacillus</i> sp. Cepa B13	61.35	b
2	<i>Rhizobium</i> sp. Cepa E15	60.72	b

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

3.14 Peso de grano por planta

En el Análisis de varianza realizado para el peso de grano por planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, ni entre los bloques o repeticiones, presentando un coeficiente de variabilidad de 11.96% (Tabla 30).

TABLA 30

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DE GRANO POR PLANTA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	493.641	123.410 NS	2.324	3.007	4.773
Repeticiones	4	265.719	66.430 NS	1.251	3.007	4.773
Error Experimental	16	849.463	53.091			
Total	24	1608.823	--	--		
$\frac{S}{\bar{X}} = 3.2586$		C.V. = 11.96%	Promedio = 60.93 g			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

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

La Prueba de Rango Múltiple de Duncan, compara los promedios del peso de grano por planta de todos los tratamientos evaluados (Tabla 31).

TABLA 31

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO DE GRANO POR PLANTA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Nº	Tratamientos	Peso de grano por planta	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
3	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Rhizobium</i> sp.	67.62	a
4	Testigo NPK	64.56	a b
1	<i>Rhizobium</i> sp. E15	59.24	a b
2	<i>Bacillus</i> sp. B13	57.26	a b
5	Testigo absoluto	55.98	b

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

3.15 Rendimiento de grano por parcela

En el Análisis de varianza realizado para el rendimiento de grano por parcela, se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio; más no así entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variabilidad de 13.60% (Tabla 32).

TABLA 32

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE GRANO POR PARCELA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	176444.66	44111.166 *	3.776	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	77801.77	19450.442 NS	1.665	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	186922.62	11682.664			
Total	24	441169.05	--	--		
$S_{\bar{X}} = 48.338$		CV = 13.60%	Promedio = 794.55 g			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

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

La Prueba de Rango Múltiple de Duncan, compara los promedios del rendimiento de grano por parcela de todos los tratamientos evaluados (Tabla 33).

TABLA 33

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL RENDIMIENTO DE GRANO POR PARCELA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Nº	Tratamientos	Rendimiento de grano		
		Promedio (g/parcela)	Promedio kg/ha	Duncan 0.05
4	Testigo NPK	900.98	3,128.40	a
3	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Rhizobium</i> sp.	863.02	2,996.60	a
2	<i>Rhizobium</i> sp. Cepa E15	788.64	2,738.33	a b
1	<i>Bacillus</i> sp. Cepa B13	759.83	2,638.30	a b
5	Testigo absoluto	660.26	2,292.57	b

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

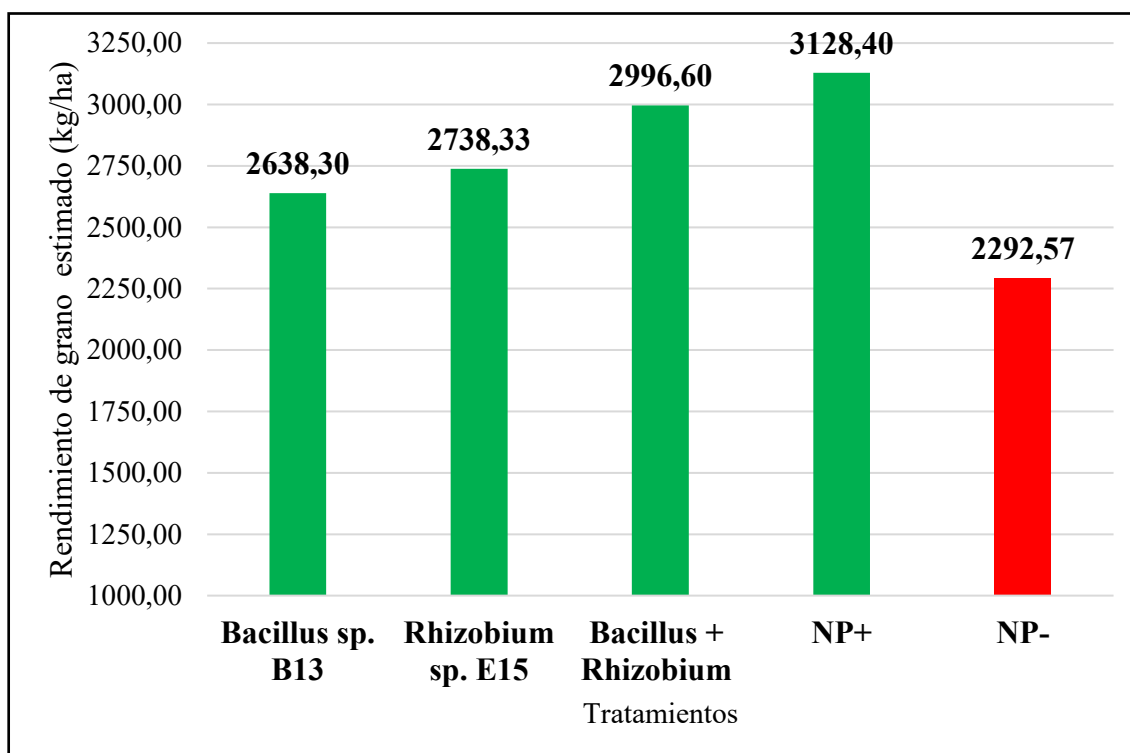


Figura 6. Rendimiento de grano estimado (kg/ha)

3.16 Contenido de Nitrógeno en el grano

En el Análisis de varianza realizado para el contenido de nitrógeno en el grano, se ha encontrado diferencia altamente significativa entre los tratamientos en estudio; más no así entre los bloques o repeticiones, presentando un coeficiente de variabilidad de 1.66 % (Tabla 34).

TABLA 34

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO EN EL GRANO EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	0.5611	0.1403 **	36.767	6.388	15.978
Repeticiones	1	0.0032	0.0032 NS	0.849	7.709	21.198
Error Experimental	4	0.0153	0.0038			
Total	9	0.5796	--	--		
$\frac{S}{\bar{X}} = 0.028$		CV = 1.66 %	Promedio = 3.72 % de N			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

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

La Prueba de Rango Múltiple de Duncan, compara los promedios del contenido de Nitrógeno en el grano de todos los tratamientos evaluados (Tabla 35).

TABLA 35

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO EN EL GRANO EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE GARBANZO EN SUBTANJALLA – ICA.

Nº	Tratamientos	Contenido de N en el grano	
		Promedio (%)	Duncan 0.05
5	Testigo absoluto	4.04	a
2	<i>Rhizobium</i> sp. Cepa E15	3.87	b
4	Testigo NPK	3.79	b
1	<i>Bacillus</i> sp. Cepa B13	3.54	c
3	<i>Bacillus</i> sp. + <i>Rhizobium</i> sp.	3.38	d

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

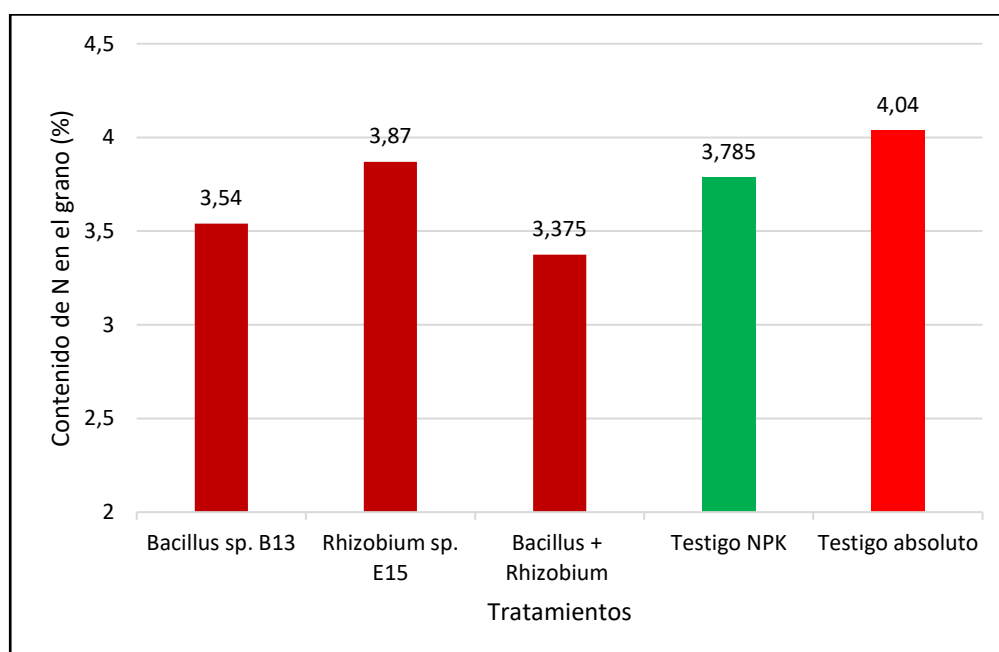


Figura 7. Contenido de Nitrógeno en el grano (%)

IV. DISCUSION

El presente estudio realizado para proponer un manejo sostenible del cultivo de garbanzo, se ha llevado a cabo teniendo en cuenta su importancia como leguminosa de grano después del pallar, en la región Ica, que aporta proteínas de buena calidad a la alimentación humana; sin embargo, hace buen tiempo que viene disminuyendo sus áreas de producción, debido a diversos factores, entre los cuales se menciona a la falta de asistencia técnica, ausencia de financiamiento oportuno, ausencia de semilla certificada o de nuevas variedades, escasas o ninguna oportunidad de participar en eventos de transferencia de innovaciones tecnológicas como el uso de productos biotecnológicos que permitan hacer frente a problemas de índole fitosanitario, nutricional y de manejo agronómico como ocurre con otras experiencias exitosas.

En el presente estudio se planteó proponer el uso de productos biotecnológicos como son las cepas seleccionadas de rizobacterias para un manejo sostenible del cultivo de garbanzo como innovación tecnológica que se están utilizando de manera exitosa en diversos cultivos, ya que se trata de prácticas de sencilla aplicación por los agricultores productores de esta menestra, en la búsqueda de lograr buenos rendimientos, a la vez de producir granos más sanos, menos contaminados, disminuyendo el costo de producción en el rubro de fertilizantes al disminuir el uso de los agroquímicos.

Las cepas de rizobacterias utilizadas en el cultivo de garbanzo en esta oportunidad, son productos biotecnológicos que han sido seleccionadas por su efectividad y eficiencia a nivel de laboratorio e invernadero, y como lo demuestran numerosos estudios, la interacción de estos microorganismos con las plantas potencia su crecimiento y desarrollo; para lo cual se inoculó la semilla momentos previos a la siembra.

Sobre el Análisis de Suelo

Los análisis de suelo realizados, proporcionaron la información que se trata de un suelo de textura franco arenoso, de consistencia ligera, con escasa retentividad de agua y nutrientes; pH alcalino, con bajo contenido de materia orgánica y escaso contenido de nitrógeno; ligeramente salino, contenido alto de fósforo, baja capacidad de intercambio catiónico con predominancia de Calcio y Magnesio, condiciones que no representaron factores limitantes determinantes para que el cultivo de garbanzo se desarrolle con cierta normalidad, al no ser del mismo nivel de exigencia en nutrientes como los cereales, aunque la escasa materia orgánica y el elevado pH pueden ser factores limitantes; por lo que se realizó la biofertilización a través de los inoculantes con cepas de rizobacterias, comparando con la fertilización del testigo fertilizado y el testigo absoluto; aunado al riego localizado por goteo, permitió evitar excesos de agua al pie de planta, condición que perjudicaría al garbanzo; por lo que las plantas de garbanzo del presente estudio, lograron un crecimiento y desarrollo adecuados, con miras a una producción sostenible.

Condiciones meteorológicas en que se desarrolló el cultivo de garbanzo

El presente estudio se desarrolló de junio a octubre; con condiciones favorables para su instalación; ya que las temperaturas medias estuvieron entre 17.62°C y 19.63°C y la temperaturas máximas, no excedieron en ningún momento de los 28°C, con lo cual, el garbanzo se desarrolló con normalidad y logró formar buena cantidad de frutos, corroborando lo señalado por Shagarodski [18], quien sostiene que las temperaturas óptimas para este cultivo se encuentran entre 21–29 °C durante el día y 18 - 26 °C durante la noche; valores que coinciden con los del presente estudio.

El garbanzo es una planta que crece y desarrolla con normalidad en temporadas frías, y como señalan Aldonate et al. [10], es una alternativa interesante como cultivo de invierno, ya que es una leguminosa que aporta nitrógeno al suelo, con bajo requerimiento de humedad (entre 300-400 mm de agua en su ciclo), un precio de venta interesante, y una importante y creciente demanda internacional.

Emergencia de plantas (%)

A los diez días después de la siembra (dds), no se encontró diferencia estadística significativa en el porcentaje de emergencia de las plantas de garbanzo con los diferentes tratamientos en estudio; por lo que los valores promedios hallados, se pueden asumir que se deban a la presencia de fitopatógenos en el campo donde se desarrolló la investigación (Tabla 7).

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se tiene que el porcentaje de emergencia fluctuó entre 77.78% para el tratamiento consistente en la inoculación con la cepa de *Rhizobium* sp. E15, hasta 67.78% para el tratamiento *Bacillus* sp.; resultados que difieren de los reportados por Clemente y Espino [15], quienes obtuvieron un 82.5% de emergencia al inocular la semilla de garbanzo con los inoculantes a base de *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.; mientras que los testigos NP+ y NP-, alcanzaron 63.34 y 63.33% de emergencia; con lo cual, se puede hacer notar que la inoculación de la semilla con cepas seleccionadas de rizobacterias tienen efecto positivo en la germinación.

Longitud de la parte aérea a los 35 dds (cm)

A los 35 días después de la siembra, se extrajeron plantas de garbanzo de cada parcela experimental, no encontrando diferencia significativa entre tratamientos para la longitud de la parte aérea.

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para comparar la longitud de la parte aérea de la planta a los 35 dds, se observa que se corrobora la ausencia de diferencia significativa entre ellos, presentando valores muy similares, desde 37.30 cm para el tratamiento 1(*Bacillus* sp. B13), hasta 35.34 cm para el tratamiento 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. E15), notándose que

los testigos tanto fertilizado (NP+) como absoluto (NP-) alcanzaron valores intermedios a los mencionados, con 36.86 y 35.90 cm de longitud de la parte aérea a los 35 dds (Tabla 8).

Otras investigaciones similares realizadas en garbanzo, no presentan datos de extracción de plantas a los 30 ó 35 dds, sino a los 45 ó 50 dds; por lo tanto, no es posible tener una referencia comparativa para esta variable. Sin embargo, cabe señalar que, siendo una misma variedad, la respuesta a los 35 dds es bastante similar en la altura alcanzada por las plantas.

Longitud de la parte radicular a los 35 dds (cm)

Se encontró diferencia significativa entre tratamientos para la longitud de la parte aérea (Tabla 9), y en la Prueba de Rango Múltiple de Duncan se observa que cuatro tratamientos encabezados por el testigo fertilizado 4(TNK), seguido del tratamiento 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.), el 5(testigo absoluto) y 1(*Bacillus* sp.) se ubicaron en el primer lugar con longitudes de 20.76, 19.18, 18.78 y 18.66 cm de longitud de la parte radicular; mientras que solamente el tratamiento 2(*Rhizobium* sp. E15), presentó el menor valor con 15.96 cm de longitud de raíz (Tabla 10).

En esta variable, se ha podido notar que la longitud de la parte radicular se incrementa cuando se le fertiliza con NPK y cuando se biofertiliza con inoculantes a base de rizobacterias seleccionadas siendo una de ellas *Bacillus* sp. que actúa como promotor del crecimiento vegetal y como solubilizador del fósforo, permitiendo estar disponible para la planta.

Peso seco de la biomasa aérea a los 35 dds (g)

En el peso seco de la biomasa aérea de la planta a los 35 dds, se encontró diferencia significativa entre tratamientos (Tabla 11), y en la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se observa que los tratamientos 2(*Rhizobium* sp. E15), 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) y 1(*Bacillus* sp. B13), se ubicaron en el primer lugar con 5.41, 4.46 y 4.46 g/planta de peso seco de la biomasa aérea, en promedio, respectivamente; superando significativamente a los testigos 4(NPK) y 5(testigo absoluto), que se ubicaron en el segundo lugar con 3.83 y 3.77 g/planta de peso seco de la biomasa aérea, en promedio, respectivamente (Tabla 12).

Estos resultados son superiores a los reportados por Verástegui [16], quien al extraer sus plantas de garbanzo a los 30 dds, obtuvo valores extremos entre 2.40 g para el testigo absoluto y 3.04 g para el tratamiento 2(*Rhizobium* sp. E10), sin diferencia significativa entre todos los tratamientos, mostrando un efecto similar en esta variable.

Peso seco de la biomasa radicular a los 35 dds (g)

No se encontró diferencia significativa entre tratamientos en el análisis de varianza del peso seco de la parte radicular de las plantas extraídas a los 35 dds (Tabla 13), y en la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se corrobora dicha similitud con valores extremos de 1.023 a 0.889 g/planta, desde el tratamiento 2(*Rhizobium* sp. E15), 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. E15) y

1(*Bacillus* sp.) que obtuvieron los mayores promedios, superando a ambos testigos, aunque sin diferencia significativa (Tabla 14). Esto debido a que las rizobacterias pueden comportarse como promotoras del crecimiento vegetal y como tal, mejorar la capacidad de absorción de nutrientes por la planta. Estos resultados son similares a los que reportó Verástegui [16] en su investigación en garbanzo.

Longitud de la parte aérea a los 50 dds (cm)

En la longitud de la parte aérea de la planta extraída a los 50 dds, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados (Tabla 15), y según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, los tratamientos 4(NP+), 2(*Rhizobium* sp. E15), 1(*Bacillus* sp. B13), 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.), y 5(NP-) mostraron valores similares, siendo 54.96, 54.0, 52.48, 51.44 y 49.70 cm en promedio por planta, respectivamente (Tabla 16); es decir, el efecto de los inoculantes y de los testigos, fue bastante similar en esta variable a los 50 dds, en que prácticamente la planta de garbanzo deja de crecer.

Estos resultados son similares a los reportados por Clemente y Espino [15], quienes encontraron que la mayor altura de plantas que obtuvieron en su estudio, fue 54.00 cm para los tratamientos inoculados, que superaron significativamente a ambos testigos que lograron obtener 43.3 y 42.75 cm de altura de planta, en promedio para NP-y NP+, siendo las plantas más pequeñas del estudio. De igual manera, Verástegui [16] encontró valores ligeramente superiores a los del presente estudio, con los tratamientos 4(NPK), 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) y 2(*Bacillus* sp. B13) que obtuvieron 57.32, 55.12 y 53.5 cm de altura de planta, que superaron significativamente al 5(testigo absoluto) que obtuvo 50.44 cm de altura.

Longitud de la parte radicular a los 50 dds (cm)

No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados para la longitud de la parte radicular (Tabla 17), y en la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se encontró que desde el testigo fertilizado 4(NP+), 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.), 1(*Bacillus* sp. B13) y 2(*Rhizobium* sp. E15), se ubicaron en el primer lugar con 21.18, 20.72, 20.10 y 19.46 cm de longitud de la parte radicular, en promedio por planta, respectivamente, superando al testigo absoluto 5(NP-) que obtuvo 17.88 cm de longitud de la parte radicular, en promedio (Tabla 18); con lo cual, se puede destacar que el testigo fertilizado y el tratamiento inoculado con las rizobacterias tuvieron efectos similares en la longitud de la parte radicular a los 50 dds.

Clemente y Espino [156], reportan que no evaluaron la longitud de raíz de las plantas de garbanzo de su estudio; mientras que Verástegui [16], en su trabajo de investigación realizado en la variedad Precoz de garbanzo, reporta resultados similares a los del presente estudio, para los tratamientos 1(*Bacillus* sp. B13), 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) y 2(*Rhizobium* sp. E15) que obtuvieron 23.5, 23.36 y 22.36 cm de longitud de raíz a los 45 dds., que superaron

significativamente a ambos testigos 4(NPK) y 5(testigo absoluto) con 20.84 y 20.36 cm de longitud de raíz a los 45 dds.

Peso seco de la biomasa aérea a los 50 dds (g)

En el peso seco de la biomasa aérea de la planta a los 50 dds, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados (Tabla 19); en la prueba de Rango Múltiple de Duncan cuatro tratamientos se ubicaron en el primer lugar, siendo 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp E15), 2(*Rhizobium* sp. E15), el testigo fertilizado 4(NP+) y 1(*Bacillus* sp.) con 9.44, 9.01, 8.89 y 8.39 g de peso seco de la biomasa aérea por planta a los 50 dds, en promedio, respectivamente, superando al testigo absoluto 5(NP-) que sólo obtuvo 7.96 g/planta, en promedio (Tabla 20).

Con respecto a la presente evaluación, Clemente y Espino [15], no reportan haber tomado el peso seco de las plantas evaluadas; mientras que Verástegui [16], encontró que el mayor peso seco de follaje por planta fue para su testigo fertilizado, seguido del tratamiento combinado *Bacillus* sp + *Rhizobium* sp. E10) y los demás tratamientos inoculados e inclusive el testigo absoluto que tuvieron similar peso seco de la biomasa aérea de la planta.

Lo que se destaca en la evaluación de esta variable, es que el incremento de la materia seca para los tratamientos combinados (*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. E15) y (*Rhizobium* sp. E15), fue progresivo tanto a los 35 como a los 50 dds, en que se evaluó este parámetro, coincidiendo con diversos autores que presentaron la misma tendencia con los tratamientos inoculados.

Peso seco de la biomasa radicular a los 50 dds (g)

No se encontró diferencia significativa entre tratamientos para el peso seco de la biomasa radicular de la planta a los 50 dds (Tabla 21); sin embargo, en la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se observa claramente que en el primer lugar se ubicaron desde el tratamiento testigo fertilizado (/NP+) que alcanzó el mayor promedio, junto con los tratamientos 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. E15), 2(*Rhizobium* sp. E15) y 1(*Bacillus* sp.), con 2.84, 2.82, 2.80 y 2.79 g de peso seco de la parte radicular a los 50 dds, por planta, en promedio, respectivamente; superando al testigo absoluto 5(NP-) que sólo alcanzó 2.26 g/planta e promedio (Tabla 22).

Como señalan Muleta et al. [3], hay evidencias que demuestran el efecto estimulante para la planta de garbanzo de la inoculación bacteriana; por lo que destaca la conveniencia de la adopción de tecnologías modernas del uso de inoculantes para el sostenimiento de altos rendimientos en el cultivo de garbanzo en Argentina, y agregan que la agricultura sustentable es la principal estrategia para contrarrestar el rápido declive de la calidad ambiental por medio del mantenimiento del equilibrio de los agroecosistemas.

Los resultados del presente estudio, coinciden con los reportados por Verástegui [16], quien también encontró que todos los tratamientos inoculados y su testigo fertilizado, superaron al testigo absoluto en el peso seco de la biomasa radicular a los 45 dds, en plantas de garbanzo, variedad Precoz.

Número de vainas por planta (unidades)

No se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados, para el número de vainas por planta (Tabla 23). En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se corrobora la similitud de valores alcanzados con esta variable; sin embargo, es bueno resaltar que los mayores promedios fueron alcanzados por el testigo fertilizado 4(NPK) y el tratamiento combinado 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. E15) con 102.87 y 101.60 vainas por planta, en promedio, respectivamente, seguidos de los tratamientos 1(*Bacillus* sp.), 2(*Rhizobium* sp. E15) y el 5(testigo absoluto) que obtuvieron 95.17, 92.13 y 84.67 vainas por planta, en promedio, respectivamente, siendo el testigo absoluto el que alcanzó el menor valor (Tabla 24).

El número de vainas por planta es un componente del rendimiento muy importante, que tiene que ver con la respuesta al componente genético de la variedad, como al componente ambiental relacionado con el manejo agronómico y condiciones climáticas en general; tal como refiere Chipana [14], quien en condiciones de clima y suelo de Santa Cruz-Palpa, con riego único por inundación, obtuvo como máximo 45 vainas por planta utilizando fertilizantes foliares; Clemente y Espino [15], por su parte, reportan que en condiciones de riego por goteo en Guadalupe-Salas, aplicando inoculantes con rizobacterias y abonos foliares, obtuvieron como valor máximo 49 vainas por planta; ambos trabajos de investigación presentaron menores valores que los del presente estudio.

Es de mencionar, que la semilla de garbanzo de la variedad precoz, utilizada en la presente investigación fue seleccionada previamente marcando plantas sobresalientes en trabajos anteriores; por lo que, el número de vainas por planta, se ha incrementado significativamente; tal como reporta Verástegui [16], quien encontró que inoculando con rizobacterias y fertilizando con NPK, alcanzaron valores similares de 118.6 y 114.8 vainas por planta, respectivamente; siendo valores ligeramente inferiores a los del presente estudio.

Peso de 100 granos (g)

No se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados para el peso de 100 granos de garbanzo (Tabla 25); en la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, en el primer lugar se ubicaron el tratamiento 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. E15) y el testigo fertilizado 4(NPK) con 65.53 y 64.41 g en 100 granos, respectivamente, superando al 5(testigo absoluto), que con los tratamientos 1(*Bacillus* sp.) y 2(*Rhizobium* sp. E15), se ubicaron en el segundo y último lugar con 61.68, 61.35 y 60.72 g en 100 granos, respectivamente (Tabla 26).

El peso de 100 granos, es otro importante componente genético del rendimiento que aporta a describir el tamaño del grano; pero que además es resultante del efecto ambiental en el que se desarrolla la planta, época oportuna de siembra, temperaturas en la etapa de polinización, etc., produciendo granos sanos, vigorosos, bien conformados o granos mal conformados. En este sentido, Chipana [14], reporta resultados similares al presente, con 64.82 g/100 granos utilizando fertilizantes foliares; Clemente y Espino [15], reportan valores superiores a los del presente estudio, llegando a 77.75 g/100 granos utilizando rizobacterias y abonos foliares; Verástegui [16], reporta sus mayores valores obtenidos con el tratamiento inoculado con la combinación de *Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. al igual que el testigo fertilizado (NPK), con 56.8 y 56.6 gramos en 100 granos, respectivamente, superando al tratamiento inoculado sólo con *Bacillus* sp. y al testigo absoluto que sólo alcanzaron 50.8 y 48.6 gramos en 100 granos, respectivamente. Al respecto, también García et al [7], reportan que sus tratamientos inoculados presentaron un mayor tamaño y peso de grano; con lo cual se incrementa el rendimiento unitario y por unidad de superficie.

Peso de grano por planta (g)

En el análisis de varianza realizado, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos para el peso de granos por planta (Tabla 27), en la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se observa que en el primer lugar se ubicaron los tratamientos 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. E15), 4(NP+), 1(*Bacillus* sp.) y 2(*Rhizobium* sp. E15) con 67.62, 64.56, 59.24 y 57.26 g de grano por planta, respectivamente, superando al testigo absoluto 5(NP-) con 55.98 g de grano por planta (Tabla 28).

El peso de grano por planta, es otro componente muy importante del rendimiento y viene a ser la respuesta a la aplicación de los tratamientos tanto en el componente genético como en el aspecto ambiental en general.

Estos resultados son ligeramente superiores a los reportados por Verástegui [16], quien encontró que la combinación *Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp., y el tratamiento fertilizado (NPK) alcanzaron 59.2 y 58.4 g/de grano por planta, respectivamente, superando significativamente tanto al testigo absoluto y al tratamiento inoculado sólo con *Bacillus* sp. que obtuvieron 48.8 y 42.6 g/de grano por planta, respectivamente.

Peso de grano por parcela y por hectárea (g) y kg/ha)

En el análisis de varianza realizado para el peso o rendimiento de grano por parcela, se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos evaluados (Tabla 29), en la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se ubicaron en el primer lugar a los tratamientos 4(NPK), 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. E15), 2(*Rhizobium* sp. E15) y 1(*Bacillus* sp) con 900.98, 863.02, 788.64 y 759.83 g/parcela, respectivamente, equivalentes a 3,128.40; 2,996.60; 2,738.33 y 2,638.30

kg/ha, respectivamente; superando significativamente al testigo absoluto que se ubicó en el segundo y último lugar con 660.26 g/parcela equivalente a 2,292.57 kg/ha de grano (Tabla 30).

En el rendimiento de grano por parcela y el rendimiento estimado por hectárea, se evidencia que la fertilización o biofertilización logra mejores resultados comparado con el testigo absoluto; con lo cual, es perfectamente factible decidir por el uso de biofertilizantes por las ventajas que ello significa en beneficio de una agricultura sostenible.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Ortega-García et al. [25], quienes señalan que en su investigación utilizando rizobacterias lograron incrementar las principales variables de rendimiento; por otro lado, Clemente y Espino [15], reportan que obtuvieron rendimientos mayores a 2,800 kg/ha, con sus tratamientos inoculados con rizobacterias, con sistema localizado de riego por goteo, y Verástegui [16] reporta que obtuvo rendimientos inferiores a los del presente estudio; llegando a 2,222.22 kg/ha con el testigo fertilizado y 2,215.28 kg/ha con la combinación de rizobacterias (*Bacillus* sp.+*Rhizobium* sp.), superando significativamente al testigo absoluto que solamente alcanzó 1,888.89 kg/ha de grano.

Contenido de Nitrógeno en el grano (%)

Cabe mencionar que al extraer las plantas de garbanzo en época de floración, no se observó presencia de nódulos, en ninguno de los tratamientos inoculados ni en los testigos, posiblemente porque las cepas de *Rhizobium* sp. E15 y *Bacillus* sp., inoculadas, no son específicas para garbanzo; por lo que no necesariamente forma nódulos, pero, tienen un comportamiento promotor del crecimiento vegetal, pues, como se sabe, es *Mesorhizobium ciceri*, la bacteria específica que nodula garbanzo, y no se encontró en el campo experimental, porque anteriormente nunca se sembró garbanzo en dicho terreno.

Se encontró diferencia altamente significativa entre los tratamientos en estudio para el contenido de Nitrógeno en el grano (Tabla 31), en la Prueba de Rango Múltiple de Duncan se observa que en el primer lugar se ubicó el tratamiento 5(testigo absoluto) con 4.04% de N en el grano; en el segundo lugar se ubicaron el tratamiento 2(*Rhizobium* sp. E15) y el testigo fertilizado 4(NPK) con 3.87 y 3.79 % de N, respectivamente, el tratamiento 1(*Bacillus* sp.) se ubicó en el tercer lugar con 3.54% de N y, en el último lugar se ubicó el tratamiento combinado 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. E15) con 3.38% de N (Tabla 32).

Estos resultados son similares a los reportados por Verástegui [16] quién encontró que su tratamiento con *Rhizobium* obtuvo el mayor valor con 3.92% de N en el grano; seguido de los demás tratamientos incluyendo el testigo fertilizado que alcanzaron valores entre 3.79 y 3.64% de N, superando significativamente al testigo absoluto que sólo alcanzó 3.54% de N en el grano, lo que es un indicador del porcentaje de proteínas que aporta este cultivo a la seguridad alimentaria, como lo reconoce y fomenta la FAO.

Como señalan Moreno et al. [26], la agricultura moderna enfrenta nuevos desafíos, integrando enfoques ecológicos y moleculares, para lograr mayores rendimientos de los cultivos y reducir al mínimo los impactos sobre el ambiente. A diferencia que, de manera tradicional, para generar mayores rendimientos se han venido incrementando significativamente las dosis de fertilizantes sintéticos por unidad de superficie, con el riesgo de que pueden provocar contaminación, daños a la salud y pérdida de la fertilidad de los suelos, convirtiéndose en una de las preocupaciones más importantes en la producción agrícola.

Al acopiar información sobre la inoculación de los cultivos con Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, se sabe que se reduce sustancialmente el uso de fertilizantes sintéticos y los impactos negativos al suelo, aumenta el rendimiento de los cultivos, contribuyendo a la economía del productor y a la alimentación de la población.

V. CONCLUSIONES

Realizada la investigación en el cultivo de garbanzo, en condiciones de suelo y clima del distrito de Subtanjalla-Ica, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- ❖ Las condiciones de suelo y clima de la zona media del valle de Ica, distrito de Subtanjalla, permitieron que las plantas de garbanzo tuvieran un crecimiento sin mayores limitaciones.
- ❖ Las cepas seleccionadas de rizobacterias, que se inocularon a la semilla de garbanzo de manera combinada *Bacillus* sp + *Rhizobium* sp. E15 tuvieron efecto positivo en el crecimiento de las plantas, similar al testigo fertilizado, tanto en longitud del follaje como en la materia seca obtenida, superando a las cepas individuales y sobre todo al testigo absoluto.
- ❖ Las cepas seleccionadas de rizobacterias que se inocularon a la semilla de garbanzo, solas y combinadas igualaron al testigo fertilizado en los principales componentes del rendimiento como número de vainas por planta, peso de 100 granos y rendimiento por planta, superando significativamente al testigo absoluto.
- ❖ Con relación al contenido de Nitrógeno en el grano, las cepas nativas de rizobacterias que realizaron simbiosis con el garbanzo fueron más eficientes que las cepas experimentales, logrando el mayor porcentaje de N y superando a los tratamientos inoculados cuyo comportamiento fue como promotores del crecimiento vegetal.
- ❖ Las cepas seleccionadas de rizobacterias, cuando se inocularon combinadas, mejoraron su efecto positivo en las principales variables evaluadas en el presente estudio igualando o superando al testigo fertilizado.
- ❖ Los inoculantes utilizados a base de rizobacterias aplicados a la semilla de garbanzo, son la base necesaria para iniciar la producción sostenible del cultivo de garbanzo por las ventajas que ofrece al reemplazar el fertilizante sintético, contribuyendo a la salud del suelo al evitar una mayor contaminación y a la salud humana al producir granos saludables y nutritivos.

VI. RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en condiciones del distrito de Subtanjalla-Ica y las conclusiones a las que se ha llegado con la presente investigación, permiten dar las siguientes recomendaciones:

- ❖ Repetir el presente estudio, en parcelas de mayor tamaño en zonas productoras de garbanzo a fin de poder evaluar una mayor población de plantas.
- ❖ Evaluar mayor número de cepas seleccionadas de rizobacterias combinadas con *Bacillus* sp., y buscar la mejor respuesta de las plantas de garbanzo en las diferentes variables en estudio.
- ❖ Investigar e identificar cepas específicas de rizobacterias para garbanzo a partir de muestras de suelo de zonas productoras de garbanzo de la región Ica y en alianza estratégica con laboratorios de calidad, seleccionar las más eficientes y efectivas.
- ❖ Fortalecer el manejo fitosanitario con el enfoque agroecológico para el desarrollo sostenible del cultivo de garbanzo.
- ❖ Fomentar la producción sostenible y la recuperación de áreas destinadas al cultivo de garbanzo por ser una leguminosa de excelente contenido nutricional y calidad proteica.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] E. Taype. “Respuesta a la aplicación de abonos foliares en el cultivo de garbanzo Gigante americano y Culiacancito INIAA en la zona media del valle de Ica”. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica, Perú. 1992.
- [2] L. Espinoza, C. Cornejo, P. Aquije, L. Tejada et al. “Manual del cultivo de garbanzo para las zonas garbanceras de la Región Ica”. Boletín N° 2. IPL – COSUDE. Julio, 2004.
- [3] D. Muleta, F. Assefa, E. Börjesson, U. Granhall. “Phosphate-solubilising rhizobacteria associated with *Coffea arabica* L. in natural coffee forest of south western Ethiopia. Revista de la Sociedad Saudita de Ciencias Agrícolas. 12 (1): 73-84. 2013.
- [4] A. Armenta, C. García, J. Camacho, M. Apodaca, L. Gerardo y E. Nava. “Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México”. *Ra Ximhai*, 6(1), 51-56. 2010.
- [5] O. Grageda, A. Díaz, J. Peña y J. Vera. “Impacto de los biofertilizantes en la agricultura”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1261-1274. 2012.
- [6] B. Dibut, T. Shagarodsky, R. Martínez, M. Ortega, Y. Ríos, L. Fey. “Biofertilización del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) con *Mesorhizobium cicerii* cultivado sobre suelo ferralítico rojo”. *Cultivos Tropicales*, vol. 26, núm. 1, pp. 5-9. 2005.
- [7] M. Ortega, T. Shagarodsky, B. Dibut, Y. Ríos, U. Socas, D. Cordobés. “Efecto de la aplicación combinada de *Mesorhizobium* sp. y *Bacillus megatherium* en el cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum* L)”. *Agrotecnia de Cuba*, 36(2). 2012.
- [8] J. Sánchez, J. Villegas, G. Vela, y L. Márquez. «Respuesta del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) a la inoculación con *Azotobacter vinelandii* y *Burkholderia cepacia* a dosis reducida de fertilizante nitrogenado», *Sci. agropecu.*, vol. 5, n.º 3, pp. 115-120. 2014.
- [9] M. Ortega, T. Shagarodsky, L. Bernardo, D. Álvarez, Y. Ríos, G. Tejada y L. Gómez. “Influencia de la interacción entre el cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y la inoculación con cepas seleccionadas de *Mesorhizobium* spp”. *Cultivos Tropicales*, vol. 37, no. especial, pp. 20-27. 2016. ISSN impreso: 0258-5936 ISSN digital: 1819-4087. 2016.
- [10] M. Aldonate; P. Jiménez; E. Ulla. “Caracterización de rizobacterias nativas y su efecto en la promoción de crecimiento de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en condiciones controladas”. *Rev. agron. noroeste arg.* vol.39 no.2 San Miguel de Tucumán dic. 2019.
- [11] J. Amigo, M. González, E. Ulla, E. Argiro, S. Durman, M. Plano, L. Infante, L. López, R. Espejo, M. Pérez. “Efecto de la coinoculación con PGPM de los géneros *Mesorhizobium* y *Pseudomonas* en el cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L) en el NOA”. IX Reunión Nacional Científico Técnica de Biología de Suelos. I Congreso

- Nacional de Biología Molecular de Suelos. Santiago del Estero, Argentina. 4-6 setiembre. 2013.
- [12] M. Palomino. “Adaptabilidad, caracterización y evaluación preliminar de 35 accesiones de garbanzo (*Cicer arietinum*) provenientes del ICARDA - Siria en condiciones de costa central La Molina - Lima (251 msnm)”. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho – Perú. 2010.
- [13] L. Ñopo. “Ensayo del rendimiento de doce variedades promisorias de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) bajo condiciones de La Molina”. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 77 p. 2018.
- [14] H. Chipana. “Respuesta de la variedad ‘Precoz’ de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), a la aplicación de nutrientes foliares en Santa Cruz – Palpa”. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. 55 p. 2016.
- [15] J. Clemente y M. Espino. “Respuesta de la variedad ‘Precoz’ de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), a la aplicación de productos biotecnológicos en la zona media del valle de Ica”. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica. 65 p. 2018.
- [16] A. Verástegui. “Efecto de la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) cultivar Precoz, en Subtanjalla – Ica”. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Ica, Perú. 70 p. 2023.
- [17] J. Morales, P. Ortega, A. Fu, J. Grageda. “Guía para Producir Garbanzo en la Costa de Hermosillo”. INIFAP-CIRNO-CECH. 2002.
- [18] T. Shagarodski. “Informe de una mutación en la colección cubana de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Cultivos Tropicales. 25(4):75–6. 2004.
- [19] D. Vargas y R. Cárdenas. “Cultivo del garbanzo, una posible solución frente al cambio climático” Cultivos Tropicales, vol 42. N° 1, 30 de marzo de 2021.
- [20] Centro de Desarrollo para la Participación (CEDEP). “Manual del Garbanzo”. Ica, Perú. 5, 6, 10, 12 y 13 p. 2009.
- [21] P. Palomino, Y. Rojas, K. Vela, J. Tong y J. Espinoza. “Galletas de harina de garbanzo”. Trabajo de Investigación. Grado Académico de Bachiller. Universidad San Ignacio de Loyola. Lima. 2018.
- [22] R. Martínez y B. Dibut. “Biofertilizantes Bacterianos”. edit. Científico-Técnica, La Habana, Cuba, 2012, 279 p., ISBN 978-959-05-0659-8. 2012.

- [23] A. Afzal y A. Bano. “Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat (*Triticum aestivum*)”. *International Journal of Agriculture and Biology*, vol. 10, 2008, pp. 85–88, ISSN 1814-9596, 1560-8530. 2008.
- [24] M. Camelo, P. Vera y R. Bonilla. “Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal”. *Revista CORPOICA. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol. 12, no. 2, 2011, pp. 159-166, ISSN 0122-8706. 2011.
- [25] M. Ortega, Y. Ríos, L. Zelaya, J. Lara, R. Arteaga y M. Nápoles. “Identificación de rizobios promotores del crecimiento vegetal asociados a garbanzo (*Cicer arietinum* L.)”. *Agronomía Mesoamericana*. Volumen 34(2): Artículo 50929, 2023. <https://doi.org/10.15517/am.v34i2.50929>. 2023.
- [26] A. Moreno, V. García, J. Reyes, J. Vásquez y P. Cano. “Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable”. *Rev. Colomb. de Biotecnología*. Vol. XX No.1 enero–junio. 2018, 68 – 83. 2018.

VIII. ANEXOS

8.1 Descripción de las rizobacterias utilizadas

Rizobacterias

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

Los inoculantes a base de rizobacterias son una alternativa biotecnológica en la agricultura sustentable, igualmente, las rizobacterias pueden ayudar a disminuir el uso de fertilizantes químicos, plaguicidas y contribuir con una agricultura más amigable con el medio ambiente.

***Bacillus* sp.**

El género *Bacillus* forma parte de la familia *Bacillaceae*, compuesto por bacilos grampositivos grandes, caracterizados por su capacidad de producir endosporas. Tienen la capacidad de ser metabólicamente muy diversos lo que les permite tener una colonización exitosa en el ambiente rizosférico. Entre algunos mecanismos se encuentran la solubilización de fosfato, la síntesis de fitohormonas como el ácido indol acético y la capacidad de controlar algunos hongos patógenos en la rizósfera.




***Rhizobium* sp.**

Rhizobium es un género de bacterias del suelo más conocidas por la simbiosis que establecen con las leguminosas. Las bacterias de este género participan en importantes procesos como en el ciclo de los nutrientes como el carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P). Estas bacterias requieren de ciertas condiciones importantes para el establecimiento del nódulo- asociaciones simbióticas entre bacterias y plantas.

Dentro de estas estructuras, el N_2 atmosférico, que es muy estable y relativamente inerte, se reduce a iones amonio (NH_4^+) fácilmente asimilables por la mayoría de las especies vegetales.

El exceso o deficiencia de ciertos minerales afectan a la nodulación. Por ejemplo, el molibdeno constituye a la nitrogenasa, la cual participa en la formación de nódulos, así como; el calcio, fósforo, azufre, cobre o zinc que tienen efectos en el pH del suelo y afectan la fijación del nitrógeno.

8.2 Resultados del Análisis de suelo

	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 114	 Registro N° LE - 114																																																																																					
LABORATORIO AGROINDUSTRIAL																																																																																							
INFORME DEL ENSAYO N° 448 LAI/2020																																																																																							
DATOS GENERALES																																																																																							
Nombre del Solicitante: CCAICO PARCO SHEYLA JENIFFER Dirección: Pueblo Joven Señor de Luren San Francisco de Asís A:3, Ica																																																																																							
DATOS DE LA MUESTRA																																																																																							
Nombre de la Muestra: Suelo <small>(Descripción por el Solicitante)</small>	Código de la Muestra: 2786																																																																																						
Identificación y Estado: 01 muestra de suelo con peso de 2.0 Kg aproximadamente. Identificada como "SUELO 01 PALLAR"/ Suelo agrícola de cultivo de pallar. <small>(Descripción por el Solicitante)</small>																																																																																							
Lugar del Muestreo: FUNDO AGROORGANICA, CASERIO YANQUIZA-SUBTANJALLA <small>(Descripción por el Solicitante)</small>	Muestreado por: Srta. Sheyla Jeniffer Ccaico Parco <small>(Descripción por el Solicitante)</small>																																																																																						
Fecha de Recepción de la Muestra: 15/10/2020	Fecha de Ejecución del Ensayo: 15/10/2020 al 22/10/2020																																																																																						
RESULTADOS																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Determinación</th> <th style="width: 15%;">Unidad de medida</th> <th style="width: 15%;">Valor</th> <th style="width: 45%;">Método</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">ANÁLISIS FÍSICO</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>%</td> <td>78.56</td> <td>Densímetro *</td> </tr> <tr> <td>Arcilla</td> <td>%</td> <td>9.02</td> <td>Densímetro *</td> </tr> <tr> <td>Limo</td> <td>%</td> <td>12.42</td> <td>Densímetro *</td> </tr> <tr> <td>Clase textural</td> <td>-</td> <td>ARENO FRANCO</td> <td>Triángulo textural *</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">ANÁLISIS QUÍMICO</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>Unidades de pH</td> <td>8.28</td> <td>NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-02</td> </tr> <tr> <td>C.E.</td> <td>mS/cm</td> <td>2.41</td> <td>NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-16 al 18</td> </tr> <tr> <td>Carbonato de Calcio (CaCO₃)</td> <td>%</td> <td>3.00</td> <td>Neutralización Ácida *</td> </tr> <tr> <td>Materia Orgánica (M.O)</td> <td>%</td> <td>0.99</td> <td>Ignición *</td> </tr> <tr> <td>Nitrógeno Total (NT)</td> <td>%</td> <td>0.05</td> <td>Cálculo - Ignición *</td> </tr> <tr> <td>Fosforo (P)</td> <td>ppm</td> <td>17.91</td> <td>Olsen- Espectrofotometría uv-vis *</td> </tr> <tr> <td>PSA</td> <td>%</td> <td>25.41</td> <td>Termo gravimetría *</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">CATIONES CAMBIABLES</td> </tr> <tr> <td>CIC</td> <td>meq/100g</td> <td>9.42</td> <td>Titulación con EDTA *</td> </tr> <tr> <td>Calcio (Ca⁺⁺)</td> <td>meq/100g</td> <td>7.31</td> <td>Titulación con EDTA *</td> </tr> <tr> <td>Magnesio (Mg⁺⁺)</td> <td>meq/100g</td> <td>1.32</td> <td>Titulación con EDTA *</td> </tr> <tr> <td>Sodio (Na⁺)</td> <td>meq/100g</td> <td>0.14</td> <td>Espectrofotómetro de absorción atómica-Emisión *</td> </tr> <tr> <td>Potasio (K⁺)</td> <td>meq/100g</td> <td>0.65</td> <td>Espectrofotómetro de absorción atómica-Emisión *</td> </tr> <tr> <td>P.S.I.</td> <td>%</td> <td>1.49</td> <td>Cálculo *</td> </tr> </tbody> </table>				Determinación	Unidad de medida	Valor	Método	ANÁLISIS FÍSICO				Arena	%	78.56	Densímetro *	Arcilla	%	9.02	Densímetro *	Limo	%	12.42	Densímetro *	Clase textural	-	ARENO FRANCO	Triángulo textural *	ANÁLISIS QUÍMICO				pH	Unidades de pH	8.28	NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-02	C.E.	mS/cm	2.41	NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-16 al 18	Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	%	3.00	Neutralización Ácida *	Materia Orgánica (M.O)	%	0.99	Ignición *	Nitrógeno Total (NT)	%	0.05	Cálculo - Ignición *	Fosforo (P)	ppm	17.91	Olsen- Espectrofotometría uv-vis *	PSA	%	25.41	Termo gravimetría *	CATIONES CAMBIABLES				CIC	meq/100g	9.42	Titulación con EDTA *	Calcio (Ca ⁺⁺)	meq/100g	7.31	Titulación con EDTA *	Magnesio (Mg ⁺⁺)	meq/100g	1.32	Titulación con EDTA *	Sodio (Na ⁺)	meq/100g	0.14	Espectrofotómetro de absorción atómica-Emisión *	Potasio (K ⁺)	meq/100g	0.65	Espectrofotómetro de absorción atómica-Emisión *	P.S.I.	%	1.49	Cálculo *
Determinación	Unidad de medida	Valor	Método																																																																																				
ANÁLISIS FÍSICO																																																																																							
Arena	%	78.56	Densímetro *																																																																																				
Arcilla	%	9.02	Densímetro *																																																																																				
Limo	%	12.42	Densímetro *																																																																																				
Clase textural	-	ARENO FRANCO	Triángulo textural *																																																																																				
ANÁLISIS QUÍMICO																																																																																							
pH	Unidades de pH	8.28	NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-02																																																																																				
C.E.	mS/cm	2.41	NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-16 al 18																																																																																				
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	%	3.00	Neutralización Ácida *																																																																																				
Materia Orgánica (M.O)	%	0.99	Ignición *																																																																																				
Nitrógeno Total (NT)	%	0.05	Cálculo - Ignición *																																																																																				
Fosforo (P)	ppm	17.91	Olsen- Espectrofotometría uv-vis *																																																																																				
PSA	%	25.41	Termo gravimetría *																																																																																				
CATIONES CAMBIABLES																																																																																							
CIC	meq/100g	9.42	Titulación con EDTA *																																																																																				
Calcio (Ca ⁺⁺)	meq/100g	7.31	Titulación con EDTA *																																																																																				
Magnesio (Mg ⁺⁺)	meq/100g	1.32	Titulación con EDTA *																																																																																				
Sodio (Na ⁺)	meq/100g	0.14	Espectrofotómetro de absorción atómica-Emisión *																																																																																				
Potasio (K ⁺)	meq/100g	0.65	Espectrofotómetro de absorción atómica-Emisión *																																																																																				
P.S.I.	%	1.49	Cálculo *																																																																																				
Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Control Analítico de CITE agroindustrial Ica Condiciones ambientales del ensayo Temperatura máxima ambiental 25°C. Preparación de la muestra de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000-AS-01 *Los métodos indicados no han sido acreditados ante el INACAL-DA.																																																																																							
CONDICIONES DEL INFORME	FIRMA																																																																																						
<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados obtenidos se refieren únicamente a la muestra analizada. • Este Informe no puede reproducirse, más que en su totalidad, sin la autorización por escrito del laboratorio. • Los resultados del ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. • Laboratorio queda liberada de responsabilidad cuando el Solicitante (cliente) proporciona información acerca de la muestra y pueda afectar la validez de resultados. 	 Rubén César Sánchez Fuentes Responsable de Laboratorio Agroindustrial Fecha de Emisión del Informe: 23/10/2020																																																																																						
CENTRO DE INNOVACIÓN PRODUCTIVA Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AGROINDUSTRIAL ICA Panamericana Sur Km. 293.2, Distrito Salas - Guadalupe Ica - Perú TELÉFONO (056) 406056 TELEFAX (056) 406224 E-MAIL: chavezp@citeagroindustrial.com.pe Código: SRJ-PO-02-R02 Versión: 07 Fecha: 10-09-2019																																																																																							

Nota: Los análisis de suelo se refieren al campo experimental compartido con la Srta. Ccaico Parco Sheyla Jeniffer.

8.3 Datos meteorológicos SENAMHI

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Estación CO - TACAMA
 Latitud : 13°59'39.1" S
 Longitud : 75°43'14" W
 Altitud : 440 msnm

Dpto. : Ica
 Provincia : Ica
 Distrito : Tinguífa

Parámetros :

Temperatura Máxima mensual (°C)						
Item	Año	2021				
	mes	JUN	JUL	AGOS	SET	NOV
1		34.0	26.06	27.29	28.2	28.52

Temperatura Mínima mensual (°C)						
Item	Año	2021				
	mes	JUN	JUL	AGOS	SET	NOV
1		10.34	10.2	10.62	11.05	13.65

Horas de Sol mensual (m/s)						
Item	Año	2021				
	mes	JUN	JUL	AGOS	SET	NOV
1		211.4	217.4	232.3	194.9	262.6


Humedad Relativa mensual (%)						
Item	Año	2019				
	mes	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT
1		86.4	85.9	86.77	82.01	79.11

Velocidad de Viento Media Mensual						
Item	Año	2021				
	mes	JUN	JUL	AGOS	SET	NOV
1		1.5	1.4	1.5	1.5	1.8

mm/s/m² S/D= sin datos

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: "ANGIE CAROLINA VERASTEGUI FIGARI"

PARA TESIS: "Efectos de la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del Garbanzo (Cicer arietinum L.) Cultivar precoz, en el Subirajalla Ica."



Dirección Ejecutiva del SENAMHI
 Calle República Argentina 440
 01000 Lima, Perú
 Teléfono: 011 222 272238 - 01 222

Ica, 17 de Octubre del 2022
 Parque Industrial MZA lote 5-Ica
 Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL


Nota: Datos meteorológicos solicitados por la Srta. Angie Verástegui Figari, con quien se compartió el campo experimental.

8.4 Resultados del Análisis de Nitrógeno en grano de garbanzo, variedad Precoz



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA

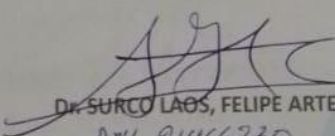


Nombre del destinatario

GOMEZ JANAMPA, ALDAIR

CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS (%)		UNIDADES
	1° ensayo	2° ensayo	
T100	3.52	3.56	G/100g
T200	3.91	3.83	G/100g
T300	3.35	3.4	G/100g
T400	3.8	3.77	G/100g
T500	4.12	3.96	G/100g

Metodo de analisis: Kjeldahl


DR. SURCO LAGO, FELIPE ARTEMIO
DNI 21466230

8.5 Datos obtenidos en las variables evaluadas durante la investigación

TABLA 36
LONGITUD DE LA PARTE AÉREA A LOS 35 dds (cm)

Trat	I	II	III	IV	V
1	37.3	36.7	40.5	37.3	34.7
2	37.9	32	36.5	39.3	35
3	35.5	33.7	32.3	40.2	35
4	34.3	36.2	37.3	39.7	36.8
5	35.7	35.8	36.7	35.5	35.8

TABLA 37
LONGITUD DE LA PARTE RADICULAR A LOS 35 dds (cm)

Trat	I	II	III	IV	V
1	20.7	19	17.5	17.8	18.3
2	19.5	15.3	15.5	16	13.5
3	17.2	19	21	18.2	20.5
4	20	18.5	20.3	25	20
5	18.8	19.5	15.7	21.2	18.7

TABLA 38
PESO SECO DE LA BIOMASA AÉREA A LOS 35 dds (g)

Trat	I	II	III	IV	V
1	3.58	2.83	4.92	4.43	6.54
2	4.72	4.42	4.93	4.87	8.1
3	3.25	4.1	3.06	3.8	8.11
4	3.88	3.69	4.26	3.58	3.76
5	4.1	3.88	3.68	3.16	4.04

TABLA 39
PESO SECO DE LA PARTE RADICULAR A LOS 35 dds (g)

Trat	I	II	III	IV	V
1	0.99	1.01	0.99	0.935	0.71
2	1.01	0.93	1.2	0.97	1.005
3	0.89	0.79	1.25	1.26	0.72
4	0.98	0.91	0.74	0.79	1.025
5	1.02	0.82	1.05	0.725	0.91

8.5 Datos obtenidos en las variables evaluadas durante el ensayo.....(continuación)

TABLA 40
LONGITUD DE LA PARTE AÉREA A LOS 50 DDS (cm)

Trat	I	II	III	IV	V
1	49.5	48.8	58.8	49.5	55.8
2	58.3	57.2	50.8	55	48.7
3	49.8	48.3	50.5	58.8	49.8
4	54	52.5	53	57.3	58
5	48.7	49	50.8	48.5	51.5

TABLA 41
LONGITUD DE LA PARTE RADICULAR A LOS 50 dds (cm)

Trat	I	II	III	IV	V
1	21.5	19.5	20.5	19.2	19.8
2	20	18.7	21.8	18.8	18
3	19.8	21.3	19.2	23.5	19.8
4	19	20.5	24.7	20	21.7
5	19	17.7	15.5	20	17.2

TABLA 42
PESO SECO DE LA BIOMASA AÉREA A LOS 50 dds (g)

Trat	I	II	III	IV	V
1	8.695	7.61	7.8	10.2	7.65
2	9.94	9.79	7.31	9.885	8.1
3	9.8	10.2	9.66	9.44	8.11
4	8.37	8.095	8.38	9.39	10.2
5	8	8.1	8.2	7.35	8.13

TABLA 43
PESO SECO DE LA PARTE RADICULAR A LOS 50 dds (g)

Trat	I	II	III	IV	V
1	2.9	3.25	3.29	2.55	1.92
2	3.24	3.25	2.43	2.46	2.64
3	2.78	2.95	2.78	2.75	2.84
4	2.8	3.11	3.26	2.88	2.15
5	1.92	2.36	2.43	2.63	1.98

8.5 Datos obtenidos en las variables evaluadas durante el ensayo.....(continuación)

TABLA 44
NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA (unidad)

Trat	I	II	III	IV	V
1	90.50	111.00	83.83	97.83	92.67
2	81.33	84.67	137.50	76.83	80.33
3	131.83	108.00	91.67	86.33	90.17
4	91.00	95.17	117.83	108.00	102.33
5	94.00	92.00	101.33	79.17	56.83

TABLA 45
PESO DE 100 GRANOS (g)

Trat	I	II	III	IV	V
1	62.00	55.00	63.63	64.00	62.11
2	58.00	60.47	62.00	58.00	65.12
3	59.61	65.11	64.53	66.00	72.38
4	64.00	65.00	64.00	65.06	64.00
5	60.44	62.00	62.00	60.00	63.95

TABLA 46
PESO DE GRANO POR PLANTA (g)

Trat	I	II	III	IV	V
1	56.00	61.03	58.05	64.00	57.11
2	58.00	52.25	74.05	52.00	50.00
3	79.20	71.73	59.92	60.45	66.78
4	65.00	63.93	64.10	74.79	55.00
5	64.00	61.00	58.45	50.45	46.00

TABLA 47
PESO DE GRANO POR PARCELA (g)

Trat	I	II	III	IV	V
1	724.34	713.12	778.16	844	739.53
2	754	684	880.18	832	793
3	862.97	1000.54	807	893.84	750.74
4	730	921.13	811.49	1270.16	772.12
5	687	613.74	702	651	647.57

TABLA 48
CONTENIDO DE NITRÓGENO EN EL GRANO (%)

Tratamientos	I	II
<i>Bacillus</i> sp.B13	3.52	3.56
<i>Rhizobium</i> sp.E15	3.91	3.83
<i>Bacillus</i> sp. + <i>Rhizobium</i> sp.	3.35	3.40
Testigo fertilizado (NPK)	3.80	3.77
Testigo absoluto	4.12	3.96

8.6 Panel fotográfico



Figura 8. Preparación del terreno



Figura 9. Semilla inoculada



Figura 10. Demarcación del terreno



Figura 11. Siembra



Figura 12. Preparación de trampas de melaza



Figura 13. Colocación de cebo tóxico

8.6 Panel fotográfico(continuación)



Figura 14. Aplicación de biol



Figura 15. Extracción de plantas



Figura 16. Evaluación de longitud del follaje

8.6 Panel fotográfico(continuación)



Figura 17. Evaluación de longitud de la parte radicular



Figura 18. Peso seco de la parte radicular



Figura 19. Plantas en madurez de cosecha