Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras distribuir, combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial y, a pesar que son nuevas obras deben siempre rendir crédito y ser no comerciales, no están obligadas a licenciar sus obras derivadas bajo los mismos términos.

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

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

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

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE TESIS N°049-2023

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

ITEMS	DATOS
OPERADOR DE PROGRAMA INFORMÁTICO ITHENTICATE – EVALUADOR DE ORIGINALIDAD	*Lissett Augusta Peche Valenzuela*
FECHA DEL ANÁLISIS	Ica, 03 de Noviembre de 2023
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO POR:	VERASTEGUI FIGARI ANGIE CAROLINA
TRABAJO DE TESIS TITULADO:	Efecto de la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo (Cicer arietinum L.) cultivar Precoz, en Subtanjalla – Ica
FACULTAD	AGRONOMÍA
TRAMITE	EVALUACIÓN DE SIMILITUD
RESULTADO	**APROBADO**
PORCENTAJE DE AUTENTICIDAD	92%
PORCENTAJE DE SIMILITUD	**08%**
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.)*

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

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

Mag. PEDRO AQUIJE GOMEZ
Presidente de jurado revisor

Mag. LAZARO LIZARBE ALACHE
Secretario de jurado revisor

Dr. JESUS LEGUA ANGULO
Vocal de jurado revisor

Dra. LUZ MARINA ESPINOZA DE ARENAS
Asesora

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICE RECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Efecto de la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) cultivar Precoz, en Subtanjalla – Ica

Línea de investigación

Ciencias naturales, Ingeniería y Tecnologías sostenibles.

INFORME FINAL DE TESIS

VERASTEGUI FIGARI ANGIE CAROLINA

Para Optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Ica, Perú

2023

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Queridos padres, este proyecto de tesis se los dedico con mucho cariño, les agradezco por inculcarme desde pequeña buenos valores y las ganas de superación, por los consejos que me brindaron durante este tiempo, por el apoyo y palabras de aliento para superar las adversidades, gracias a ustedes soy la persona que pueden ver hoy en día.

A MI HIJO:

Eres mi mayor tesoro, fuente de inspiración, te convertiste en mi motor y motivo para culminar la carrera, mi tesis, y seguir adelante.

A MI NOVIO

Por tu apoyo incondicional, por tu paciencia y tolerancia, eres mi gran pilar en los momentos más difíciles, gracias por permanecer a mi lado en las buenas y en las malas.

A MI ABUELA:

Para mi querida mama victoria, ahora que te encuentras al lado de dios, te convertiste en un ángel que me acompaña día a día, sé de lo orgullosa que estabas de mi por seguir mis sueños y más aún, ahora que he cumplido una de mis metas. Aun duele tu partida, siempre te llevare en mi corazón.

ANGIE CAROLINA, VERASTEGUI FIGARI

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"; por constituir el alma mater de mi formación profesional.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" y docentes quienes contribuyeron en mi formación profesional.

A la Dra. Luz Marina Espinoza de Arenas, Asesora de la presente tesis, por la paciencia, motivación y apoyo durante todo el proceso de este trabajo de investigación

Al Ing. Mag. Guillermo Espino Tipismana, Co Asesor de la presente tesis, por su apoyo en la realización del presente trabajo de investigación

Al Ing. Agrónomo Fredy Yupanqui, por sus consejos durante el desarrollo del cultivo y por proporcionarme sus campos experimentales para llevar a cabo este trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

Pág.

Carátula i
Dedicatorias ii
Agradecimientos iii
Índice general iv
Índice de tablas v
Índice de figuras vi
Resumen vii
Abstract viii
I. INTRODUCCIÓN 01
1.1 Planteamiento del problema 09
1.2 Formulación del problema 10
1.3 Justificación e importancia de la Investigación 10
1.4 Hipótesis y variables 11
1.5 Objetivos de investigación 12
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA 13
2.1 Materiales 13
2.2 Métodos 13
III. RESULTADOS 25
IV. DISCUSIÓN 40
V. CONCLUSIONES 46
VI. RECOMENDACIONES 47
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 48
VIII. ANEXOS 51
8.1 Descripción de las rizobacterias utilizadas 52
8.2 Análisis de suelo 53
8.3 Datos meteorológicos 54
8.4 Análisis de Nitrógeno 55
8.5 Datos para los análisis estadísticos 56
8.6 Panel fotográfico 59

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Análisis Físico – mecánico del Suelo	13
Tabla 2	Análisis químico del suelo	14
Tabla 3	Datos meteorológicos	15
Tabla 4	Tratamientos en estudio	15
Tabla 5	Cronograma del manejo fitosanitario	20
Tabla 6	Cronograma de aplicaciones foliares	21
Tabla 7	Análisis de varianza de la longitud de la parte aérea a los 30 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	25
Tabla 8	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte aérea a los 30 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	25
Tabla 9	Análisis de varianza de la longitud de la parte radicular a los 30 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	26
Tabla 10	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte radicular a los 30 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	26
Tabla 11	Análisis de varianza del peso seco de la parte aérea a los 30 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	27
Tabla 12	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la parte aérea a los 30 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	27
Tabla 13	Análisis de varianza del peso seco de la parte radicular a los 30 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	28
Tabla 14	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud del peso seco de la parte radicular a los 30 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	28
Tabla 15	Análisis de varianza de la longitud de la parte aérea a los 45 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	29
Tabla 16	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte aérea a los 45 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	29
Tabla 17	Análisis de varianza de la longitud de la parte radicular a los 45 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	30

Tabla 18	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte radicular a los 45 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	30
Tabla 19	Análisis de varianza del peso seco de la parte aérea a los 45 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	31
Tabla 20	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la parte aérea a los 45 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	31
Tabla 21	Análisis de varianza del peso seco de la parte radicular a los 45 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	32
Tabla 22	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud del peso seco de la parte radicular a los 45 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	32
Tabla 23	Análisis de varianza del número de vainas por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	34
Tabla 24	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de vainas por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	34
Tabla 25	Análisis de varianza del peso de 100 granos en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	35
Tabla 26	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de 100 granos en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	35
Tabla 27	Análisis de varianza del peso de granos por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	36
Tabla 28	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de granos por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	36
Tabla 29	Análisis de varianza del rendimiento de granos por parcela en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	37
Tabla 30	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del rendimiento de granos por parcela en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	37
Tabla 31	Análisis de varianza del contenido de Nitrógeno en el grano en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	38
Tabla 32	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del contenido de Nitrógeno en el grano en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.	39

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1	Croquis experimental	17
Figura 2	Peso seco de la biomasa aérea a los 30 y 45 dds	33
Figura 3	Peso seco de la parte radicular a los 30 y 45 dds	33
Figura 4	Rendimiento de grano (estimado) en kg/ha	38
Figura 5	Contenido de Nitrógeno en el grano (%)	39
Figura 6	Demarcación del terreno	59
Figura 7	Inoculantes	59
Figura 8	Inoculación de la semilla	59
Figura 9	Aplicación de cebo tóxico	59
Figura 10	Aplicación de biol	59
Figura 11	Aplicación de NPK	60
Figura 12	Extracción de plantas a los 30 dds	60
Figura 13	Longitud de la parte aérea	60
Figura 14	Vista panorámica	60
Figura 15	Longitud de la parte radicular	61
Figura 16	Muestra de plantas en estufa	61
Figura 17	Peso de la parte radicular	61
Figura 18	Proceso de titulación del Nitrógeno	61
Figura 19	Proceso de destilación del análisis de Nitrógeno	61

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de productos biotecnológicos consistentes en dos cepas seleccionadas de rizobacterias, en el crecimiento y rendimiento del garbanzo (*Cicer arietinum* L.), en el distrito de Subtanjalla, ubicado en la zona media del valle de Ica, se probaron cinco tratamientos: 1(*Bacillus* sp.), 2 (*Rhizobium* sp.), 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.), 4(testigo fertilizado NP+) y 5(testigo absoluto), con cinco repeticiones, en el Diseño de Bloques Completos al Azar. En un suelo de textura franco arenoso, contenido medio de Carbonato de Ca, con bajo contenido de materia orgánica, alto en fósforo, de reacción moderadamente alcalina, ligeramente salino, con capacidad media de intercambio catiónico, con predominancia de los iones Calcio y Magnesio. La siembra se realizó el 03 de junio, con sistema de riego tecnificado por goteo, con temperaturas favorables al cultivo. La cosecha se realizó a los 129 días de la siembra. Los resultados obtenidos indican que los productos biotecnológicos a base de rizobacterias seleccionadas, que se inocularon a la semilla de garbanzo, tuvieron efecto positivo en el crecimiento de las plantas, tanto en longitud del follaje como en materia seca, igualando al testigo fertilizado y superando significativamente al testigo absoluto; y cuando se inocularon en forma combinada, igualaron al testigo fertilizado en los principales componentes del rendimiento como número de vainas por planta, peso de 100 granos, rendimiento unitario, superando en promedio al testigo absoluto. Todos los tratamientos inoculados y el testigo fertilizado, obtuvieron similar porcentaje de Nitrógeno en el grano.

Palabras clave: *Cicer arietinum*, garbanzo, rizobacterias, inoculación

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of the application of biotechnological products consisting of two selected strains of rhizobacteria, on the growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.), in the district of Subtanjalla, located in the middle zone of the Ica Valley, five treatments were tested: 1 (Bacillus sp.), 2 (Rhizobium sp.), 3 (Bacillus sp. + Rhizobium sp.), 4 (control fertilized NP+) and 5 (absolute control), with five replicates, in the Randomized Complete Block Design. In a soil with a sandy loam texture, medium Ca carbonate content, with low organic matter content, high in phosphorus, with a moderately alkaline reaction, slightly saline, with medium cation exchange capacity, with a predominance of Calcium and Magnesium ions. The sowing was carried out on June 3, with a drip irrigation system, with favorable temperatures for the crop. The harvest was carried out 129 days after sowing. The results obtained indicate that the biotechnological products based on selected rhizobacteria, which were inoculated to the chickpea seed, had a positive effect on plant growth, both in foliage length and in dry matter, equaling the fertilized control and significantly exceeding the absolute control; and when they were inoculated in a combined way, they equaled the fertilized control in the main yield components such as number of pods per plant, weight of 100 grains, unit yield, surpassing the absolute control on average. All the inoculated treatments and the fertilized control obtained a similar percentage of Nitrogen in the grain.

Keywords: *Cicer arietinum*, chickpea, rhizobacteria, inoculation

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), es una especie leguminosa de gran importancia para la alimentación humana por la calidad de proteína que aporta a la dieta alimenticia (20%) y que ha encontrado condiciones edafoclimáticas muy favorables en ciertas zonas de los valles de la región Ica, como Ocucaje, Santa Cruz y otras zonas de Palpa y Nasca.

Las experiencias exitosas utilizando microorganismos benéficos que se vienen reportando en diversos cultivos tanto de la familia leguminosa como de otras familias; motivan a experimentar en el garbanzo que siendo una legumbre foránea, introducida a la región Ica hace muchos años, ha encontrado condiciones de clima y suelo favorables para su adaptación y producción, con el agregado que presenta atributos culinarios y gastronómicos excelentes, de gran aceptación y preferencia por los consumidores; siendo una necesidad considerar trabajos de investigación utilizando innovaciones tecnológicas en base a cepas seleccionadas de rizobacterias, que permitan avanzar hacia un manejo sostenible del cultivo, produciendo granos más saludables, menos contaminados por el uso indiscriminado de agroquímicos, justifica plenamente que desde la Universidad se realicen investigaciones en el cultivo de garbanzo, que produce un grano con una demanda permanente y generalmente con mejor precio que el pallar tanto en el mercado local como a nivel nacional.

El garbanzo, es una especie foránea, que fue introducida en nuestra región hace muchas décadas atrás y sin embargo, actualmente no se realizan investigaciones en este cultivo, ni en el área de mejoramiento genético en búsqueda de cultivares modernos, más productivos, con características que respondan a los efectos del cambio climático; ni en el área de una producción sostenible, buscando producir alimentos más sanos, con menos contaminación en beneficio de la población; probando diversas alternativas amigables con el ambiente como es el uso de inoculantes para la semilla a base de cepas seleccionadas de rizobacterias, que han sido ampliamente probadas de manera exitosa en diferentes cultivos de leguminosas o de cereales, ya que las rizobacterias también se comportan como promotoras del crecimiento vegetal en otros cultivos.

Con la motivación de que el garbanzo es un cultivo muy adaptado a las condiciones particulares de ciertas zonas de la región Ica, como ya se ha mencionado, y ante la escasas investigaciones por las instituciones encargadas de este tema; es que se planteó realizar el presente trabajo de investigación, aprovechando la época oportuna y porque se cuenta con la colaboración del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología de la Universidad Nacional Agraria, La Molina, para la adquisición de las rizobacterias que se probarán en las condiciones de la zona media del valle de Ica, distrito de Subtanjalla, buscando su respuesta en rendimiento y calidad del grano.

Sobre el cultivo de garbanzo

El garbanzo *Cicer arietinum* L., es una especie anual, autógama y diploide con 2n=2x=16; pertenece al género *Cicer*, tribu Cicereae, subfamilia Papilionoideae, familia Fabaceae. El género *Cicer*, comprende 44 especies incluyendo a la única cultivada (C. *arietinum*), nueve anuales y 35 perennes, cuyo centro de diversidad se ubica en el suroeste de Asia, con algunas especies endémicas en Marruecos e Islas Canarias como señalan Van Der Maesen et al [1].

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 [2].

La producción mundial del garbanzo (*Cicer arietinum* L.), es de aproximadamente 8 millones de toneladas, pero con cierta variación en el tiempo. Refieren que se reconocen dos tipos de garbanzo: Kabuli y Desi por diferencias morfológicas de la planta, donde los tipo Kabuli presentan plantas de mayor altura y sus tallos, hojas y flores no contienen ninguna pigmentación antocianina y presentan mayor tamaño de semilla; mientras que los tipo Desi, son todo lo contrario. Kabuli, tiene plantas con mayor rusticidad y su comportamiento sanitario es menor que los Desi [3].

Según reporta [4], 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 ºC durante el día y 18 - 26 ºC durante la noche, tolera precipitaciones promedio anual de 600 a 1000 mm. Los granizos y lluvias excesivas dañan el cultivo. Las altas temperaturas perjudican el cuajado de los frutos.

A partir de 10ºC el garbanzo es capaz de germinar, aunque la temperatura óptima de germinación oscila entre 25-35ºC [5].

Por su parte [6], refiere que el garbanzo es una leguminosa de cultivo anual, tiene raíces profundas, tallos pelosos y ramificados, que alcanzan una altura de hasta 0.60 m. La planta tiene abundancia de glándulas excretoras; las hojas son parí o imparipinadas; foliolos de bordes dentado; flores auxiliares solitarias; frutos en vaina bivalva con una o dos semillas en su interior, ligeramente arrugadas, con dos grandes cotiledones. Menciona que es una planta resistente a la sequía, el grano responde positivamente a un riego suplementario ya que en general mejora la nodulación e incrementa el rendimiento y el número de vainas por planta.

A nivel morfológico, según señalan [7], los caracteres más importantes del garbanzo (*Cicer arietinum*), son: presencia de hojas pseudoimparipinnadas; foliolos aserrados y glandulosos;

legumbres infladas y vellosas y semillas esféricas o redondeadas. El cultivo del garbanzo tolera 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, será en un suelo franco arcilloso, sin exceso de sales solubles el suelo idóneo para su cultivo [8].

El cultivo prefiere los suelos silíceo-arcillosos o limo-arcillosos, muy retentivos de humedad, que no contengan yeso, bien aireados. El garbanzo es sensible a la salinidad, tanto del suelo, como del agua de riego. El pH ideal para su desarrollo está entre seis y nueve y conforme se acerque a la acidez, tolera mejor las pudriciones radiculares [5].

Según [9], las variedades más utilizadas en el país son: Blanco español que es una variedad muy antigua, introducida de España, es de grano grande (65- 68 g en 100 semillas), de color blanco, superficie rugosa, buena calidad, de hábito de crecimiento semi rastrero, con período vegetativo de 150 días a más y con rendimiento promedio 1500 a 2000 kg/ha con un buen manejo agronómico y dependiendo de los riegos. Luego se encuentra 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., de hábito de crecimiento semi erecto, su periodo vegetativo dura de 150 a 160 días y puede lograr rendimientos superiores a 2000 kg/ha. Y por último la variedad Precoz que es una variedad introducida a la región Ica, posiblemente desde México, es de grano grande (70 g en 100 semillas), color marfil claro, rugoso, de muy buen aspecto y calidad culinaria, de crecimiento erecto, muy precoz, presenta un periodo vegetativo de 120 días, su rendimiento promedio puede superar los 2000 kg/ha, sobre todo cuando ha recibido por lo menos dos riegos.

MINAGRI [10], reporta que el departamento de Ica es la principal zona productora del garbanzo blanco cremoso; hilum en ápice puntiagudo y tegumento opaco y áspero, de forma globosa, ligeramente aplastada y lobulada, tamaño grande, 100 semillas pesan 50 a 75 gramos y su calibre va de 133 a 200 semillas por 100 gramos. Este tipo de garbanzos, crece específicamente, en las provincias de Ica, Palpa y Nazca. Unas de las primeras variedades introducidas fueron Gigante español y Blanco Lechoso, de ahí que se usa estos nombres para designar a cualquier otra variedad de grano similar. La calidad del grano de este tipo comercial compite con los mejores garbanzos mexicanos producidos en Sinaloa. Señala que el tipo Kabuli de garbanzo se le siembra en los departamentos de Ica, y, en Lambayeque, el tipo Desi, ocupando una extensión de 800 ha de las que se obtiene 1200 t de grano seco, todas para el consumo interno.

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 [9].

Con respecto a la calidad nutricional del garbanzo[]11], 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. El consumo per cápita de legumbres en el Perú era de 2.5 Kg, duplicándose para el año 2017 y sigue en aumento a partir de que la FAO declaró al año 2016 "Año Internacional de las legumbres". Los mencionados autores señalan que contando con la calidad de harina del garbanzo viene a ser la materia prima principal para la elaboración de galletas de harina de garbanzo, que actualmente no existe en el mercado nacional; siendo una propuesta innovadora, se trata de un tipo de galleta de calidad nutricional garantizada por la proteína aportada por el garbanzo.

Sobre los productos biotecnológicos – rizobacterias - inoculantes

Al igual que otras leguminosas, el garbanzo, no solo puede tomar el nitrógeno del suelo, sino que tiene capacidad para fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*. Señala que también es resistente a la sequía y se desarrolla en un amplio rango de temperaturas (15 a 29 °C), desarrollándose en un pH que varía entre 5 y 7. Refiere además que se desarrolla preferiblemente en suelos que no contengan elevados niveles de calcio, ni materia orgánica sin descomponer, es susceptible a los excesos de humedad y siembras reiteradas en el mismo terreno. Describe a la planta de garbanzo como anual y su ciclo vegetativo abarca alrededor de 110 a 150 días [12].

La mayor contribución de nitrógeno fijado a los ecosistemas terrestres proviene de la asociación *Rhizobium*-leguminosa, la cual se estima alrededor del 50%. Por lo tanto, cualquier práctica de manejo del suelo que contribuya a proteger el ecosistema que forman los microorganismos cercanos a la raíz, es de vital importancia para la agricultura en términos de aumento de la fertilidad del suelo y residuos de cosecha, reduciendo el impacto negativo de los fertilizantes químicos para el ambiente, así como reduciendo el costo de producción en el rubro de fertilizantes [13].

La expresión de la capacidad promotora del crecimiento de las plantas inoculadas con bacterias promotoras del crecimiento de plantas (PGPR por sus siglas en Inglés) en ensayos de laboratorio, invernadero y campo ha sido evaluada a través de diversas variables, tales como el

incremento de la longitud del tallo y de las raíces, el estado nutricional de las plantas tratadas, la ganancia en materia seca, el contenido de proteínas y el valor nutricional del grano; por lo que se está ampliando su uso a nivel de campo, con experiencias exitosas en diversos cultivos [14].

La utilidad de las Rizobacterias (PGPR por sus siglas en inglés), es muy variada y son numerosos los estudios que demuestran que la interacción de estos microorganismos con las plantas potencia su crecimiento y desarrollo. Esto puede aplicarse en beneficio humano, pudiendo crear campos con cultivos que puedan crecer más rápido para abastecer a la población, limitando así el uso de otros productos, como pesticidas o abonos químicos, que acaban desgastando el sustrato del suelo. Este método de cultivo se presenta como una alternativa natural en el desarrollo agrícola [15].

Las rizobacterias representan una alternativa biotecnológica en la agricultura por la gran cantidad de mecanismos moleculares que permiten mejorar el rendimiento y la salud de las plantas. Los inoculantes a base de rizobacterias son una alternativa biotecnológica en la agricultura sustentable, que permite incrementar el rendimiento, disminuyendo los costos de producción en la práctica agrícola, por concepto de fertilizante sintético; ya que, las rizobacterias pueden ayudar a disminuir el uso de fertilizantes químicos, plaguicidas y reguladores artificiales que tienen efectos negativos en los ecosistemas naturales, y contribuir a una agricultura más amigable con el medio ambiente con productos más saludables [16].

Cuando se realizó la inoculación conjunta de cepas de *T. harzianum* + *B. subtilis* +. *M ciceri,* incrementaron el rendimiento del grano de garbanzo en la variedad Blanoro en comparación con la fertilización nitrogenada y/o con la inoculación sola de *M. ciceri,* llegando a la conclusión que la inoculación conjunta de varios microorganismos tiene un mayor efecto positivo en la planta que cuando se aplica en forma simple [17].

Una de las características más importantes del garbanzo es la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico gracias a la simbiosis con bacterias rhizobaceas, principalmente del género *Rhizobium*, por lo que mejora la fertilidad del suelo y es capaz de autoabastecerse de nitrógeno (80%), ya que fija por lo menos 140 kg de nitrógeno del aire [18].

Antecedentes de la investigación

Antecedentes internacionales

En la provincia de Artemisa en Cuba [19], realizaron una investigación en un diseño de Bloques al Azar con la variedad comercial de garbanzo Nacional-29, procedente del Banco de Germoplasma del INIFAT, siendo los los tratamientos evaluados: *Mesorhizobium* spp; Bacillus *megatherium*; *Mesorhizobium* spp + *Bacillus megatherium* + Materia Orgánica; *Mesorhizobium* spp + *Bacillus megatherium* + Fertilizant; *Mesorhizobium* spp + *Bacillus megatherium*+ Materia

Orgánica + Fertilizante. Evaluaron las variables altura de las plantas (cm), número de ramas primarias y secundarias, peso de las plantas (g) y peso de los nódulos (g). En el caso de la evaluación del rendimiento potencial, evaluaron el rendimiento de vainas/planta (g), rendimiento/planta (g) y el rendimiento expresado en Kg/ha. La coinoculación de *Mesorhizobium* spp y *Bacillus megatherium* var posphaticum resultó efectiva. En cuanto a los indicadores evaluados, 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.

En el cultivo del garbanzo [20], señala que 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.; e indican que 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. Sostienen que 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 región Centro de Córdoba, [21], realizaron un experimento cuyo objetivo fue evaluar la respuesta del cultivo de garbanzo a la inoculación con *Mesorhizobium ciceri* en la región centro de córdoba. El ensayo se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC) utilizando el cultivar Norteño, realizando dos tratamientos, el primero fue semillas inoculadas con *M. ciceri* (In), y el segundo control sin inocular, utilizando un diseño en bloques completamente aleatorizados. Según sus resultados señalan que las plantas inoculadas presentaron mayor número, peso y porcentaje de nódulos funcionales, obtuvieron un rendimiento mayor (10,84 qq. ha-1 para el tratamiento inoculado vs. 4,87 qq. ha-1 para el control) y los granos presentaron mayor calibre. Por lo tanto, sostienen que la inoculación con *M. ciceri* incrementó el rendimiento y la calidad del grano cosechado.

La respuesta del garbanzo a la inoculación con *Azotobacter vinelandii* y *Burkholderia cepacia* a la dosis 50% del fertilizante nitrogenado (FN), fue analizada por [22], utilizando un diseño experimental de bloques al azar. Con nitrato de amonio (NO3NH4) como 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 fenotípia y biomasa aérea y radical, los datos experimentales se analizaron por ANOVA y Tukey. Señalan que los resultados indicaron una respuesta positiva de la semilla de garbanzo a la doble inoculación con ambas 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). Lo anterior sugiere 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 perdida de fertilidad del suelo y la contaminación ambiental, por la aplicación en exceso del FN.

En el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", La Habana, Cuba [23], realizaron un estudio con el objetivo de seleccionar e identificar aislados de *Rhizobium* sp. en cuanto a sus atributos como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal con mayor efectividad a cultivares de garbanzo. 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, realizaron un experimento en condiciones de campo en dos campañas para demostrar su efectividad en la interacción con las plantas, usando un diseño de bloques al azar.

Como resultado obtuvieron 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*, *Fusarium incarnatum* y *Fusarium moniliforme*. La inoculación en el garbanzo, incrementó la nodulación y las variables de rendimiento del cultivo número de vainas por planta y masa fresca de los granos (g) [23].

Antecedentes nacionales

En el campo experimental de la Universidad Nacional Agraria La Molina, [24], evaluó el rendimiento de grano y sus componentes, las características morfoagronómicas y la reacción a las plagas y enfermedades de tres variedades y una línea de garbanzo, en siembra del mes de junio, en dos campañas; además realizó una descripción de las variables cualitativas según el descriptor de garbanzo. Señala que como resultado sobresalieron en rendimiento según la prueba de Duncan, la línea ILC-464 con 1847 kg/ha y la variedad Rosado Precoz con 1406 kg/ha en el primer año y la línea ILC-464 obtuvo 1244 kg/ha y la variedad Rosado Precoz, 1228 kg/ha, en la segunda campaña. Indica que las variedades Culiacancito y Rosado Precoz destacaron en precocidad con 59 y 65 días a la floración y en la madurez de cosecha destacaron Rosado Precoz e ILC-464 con 187 días. Refiere que la textura del grano fue áspera para todas la variedades y línea de garbanzo y solamente Rosado Precoz presentó forma de grano redondeado y rugoso; mientras que las demás variedades presentaron forma angular.

Antecedentes locales

En un trabajo de investigación en garbanzo, variedad "Precoz" realizadso por [25] en el distrito de Santa Cruz, provincia de Palpa y departamento de Ica, en un suelo de textura franco limoso, pH ligeramente alcalino, sin problema de sales, de capacidad de intercambio catiónico media,

sembrando en época oportuna, evaluó ocho tratamientos con diversos nutrientes foliares: Biol, Poliphos (P), Nitrofoska (NPK) y Sett (Ca - B), que se aplicaron teniendo en cuenta las etapas fenológicas del cultivo y sus requerimientos. El mayor rendimiento lo obtuvo aplicando la combinación Poliphos + Nitrofoska en dos momentos y una aplicación de Sett, con 2,855.95 kg/ha de grano seco. En conclusión, 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.

Cepas de rizobacterias obtenidas y seleccionadas en el Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina combinado con nutriente orgánico "Siete en uno", fueron probadas en diferentes combinaciones, modalidades y momentos, evaluando ocho combinaciones con sus respectivos testigos NP+ y NP- haciendo un total de diez tratamientos, con cuatro repeticiones en el diseño de Bloques Completos al Azar. Según los resultados obtenidos, el mayor rendimiento estuvo entre 68.88 g/planta y 2,870.10 kg ha-1 de grano seco, de la combinación (*Bacillus* + *Bradyrhizobium* + 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-. Concluyen que sus resultados, indican que obtuvieron respuesta positiva de las rizobacterias y el nutriente orgánico en el rendimiento del cultivo de garbanzo, superando al testigo absoluto (TN-) [26].

1.1 Planeamiento del problema

1.1.1 Situación problemática

El cultivo de garbanzo es una leguminosa de grano que ocupa el segundo lugar en importancia después del pallar en la región Ica por el área que se siembra; sin embargo, a pesar de su importante aporte nutricional a la alimentación humana por su porcentaje de proteína (20-22%), atraviesa una situación problemática que merece atención, ya que en la actualidad no hay suficiente conocimiento sobre el efecto benéfico de los microorganismos del suelo (rizobacterias) que se aprovecha muy bien en otros cultivos; tampoco existen inoculantes específicos para garbanzo que se produzcan de manera comercial, a fin de que los agricultores productores de garbanzo, puedan tener acceso a ellos e inocular su semilla con miras a lograr mejores cosechas y un grano menos contaminado.

Lamentablemente, este factor limitante no permite darle la real importancia al uso práctico de inoculantes, biofertilizantes, productos biotecnológicos o rizobacterias, para insertarlos en un manejo más sostenible del cultivo de garbanzo, protegiendo al suelo y originando un incremento aceptable de la producción de alimentos saludables, menos contaminados, logrando mejores precios y rentabilidad para el

agricultor traducida en una mejor calidad de vida de su familia y el desarrollo de su comunidad.

Por otro lado, es muy escasa la investigación en el cultivo de garbanzo en general y sobre la utilización de las rizobacterias seleccionadas o productos biotecnológicos en particular, lo que unido a la ausencia de un programa de leguminosas de grano que incluya al garbanzo en una de las líneas de investigación, impiden incorporarlo en un plan de mediano y largo plazo para lograr una producción sostenible de este grano de gran calidad proteica.

Finalmente, los pequeños agricultores que son los productores de esta menestra, aún no tienen la posibilidad de utilizar estos productos biotecnológicos que les permitiría lograr cosechas sostenibles que podrían ser más rentables al disminuir el uso de fertilizantes sintéticos y con el valor agregado de producir un grano más saludable y nutritivo como es el garbanzo; por lo que, los diversos factores limitantes señalados son los que originan que las áreas destinadas a esta leguminosa, sean cada vez menores, ante la indiferencia de los sectores involucrados en velar por la seguridad alimentaria.

1.1.2 Formulación del problema

Problema general

¿Cuál será el efecto de la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del cultivo de garbanzo, cultivar Precoz en las condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica?

Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto de la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento de la planta de garbanzo, cultivar Precoz en las condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica?
- ¿Cuál será el efecto de la aplicación de productos biotecnológicos en los principales componentes de rendimiento del cultivo de garbanzo, cultivar Precoz en las condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica?

1.2 Justificación e importancia de la investigación

1.2.1 Justificación

La realización de investigaciones para potenciar la rentabilidad del cultivo de garbanzo, utilizando productos biotecnológicos de origen orgánico, 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 regional y nacional.

Se justifica plenamente la realización de investigaciones que incluyan 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 gradual de agroquímicos y fertilizantes lo que hará posible lograr cosechas más saludables.

La necesidad de considerar las innovaciones tecnológicas utilizando microrganismos benéficos para producir alimentos más saludables, menos contaminados por el uso indiscriminado de agroquímicos, justifica plenamente que desde la Universidad se realicen investigaciones en el cultivo de garbanzo, que produce un grano con una demanda permanente y generalmente con mejor precio que el pallar tanto en el mercado local como a nivel nacional.

1.2.2 Importancia

El garbanzo, es un cultivo introducido hace muchas décadas a nuestro país y ha encontrado condiciones edafoclimáticas muy favorables para su adaptación en diversas zonas de la región Ica y ocupa un lugar preponderante después del pallar por la calidad de proteína que aporta a la nutrición humana; sin embargo, en la actualidad su producción se mantiene estancada, no existen nuevos cultivares y no se aprovecha su habilidad simbiótica con sus rizobacterias, en el manejo agronómico más sostenible.

Numerosas investigaciones han probado con suficiente confiabilidad los productos biotecnológicos que se han obtenido a partir de 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, etc.

La importancia del presente estudio se enmarca en buscar nuevas alternativas de manejo agronómico más sostenible o sustentable para el cultivo de garbanzo a través de la aplicación de productos biotecnológicos que ya se han probado de manera exitosa en diversos cultivos, lo que permitirá disminuir costos en el rubro de fertilizantes y lo que es más importante, lograr granos de consumo más saludable, menos contaminados; innovación tecnológica que podrá ser adoptada por los agricultores productores de garbanzo por ser de fácil aplicación y manejo

1.3 Hipótesis y variables

1.3.1 Hipotesis

Hipótesis general:

La aplicación de productos biotecnológicos a base de cepas seleccionadas de rizobacterias tiene efecto positivo en el crecimiento de la planta y rendimiento del cultivo de garbanzo en las condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica.

Hipótesis específicas

- La aplicación de productos biotecnológicos a base de cepas seleccionadas de rizobacterias tiene efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de la planta de garbanzo en las condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica.
- La aplicación de productos biotecnológicos a base de cepas seleccionadas de rizobacterias tiene efecto positivo en el rendimiento del cultivo de garbanzo en las condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica.

1.3.2 Variables

Las variables identificadas son:

Variables Independientes (X):

Productos biotecnológicos (cepas de rizobacterias)

X1 = Cepa 1 (*Bacillus* sp. cepa LMTB 13)

X2 = Cepa 2 (*Rhizobium* sp, cepa E10)

Variables Dependientes (Y)

Y1 = Rendimiento del cultivo (g)

Y2 = Porcentaje de nitrógeno en el grano (%)

Variables intervinientes (Z)

Z1 = Condiciones ambientales

Z2 = Aspecto fitosanitario

1.4 Objetivos de investigación

1.4.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación de productos biotecnológicos a base de cepas seleccionadas de rizobacterias en el crecimiento de la planta y rendimiento del cultivo de garbanzo en condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la aplicación de productos biotecnológicos a base de cepas seleccionadas de rizobacterias en el crecimiento de la planta de garbanzo en condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica.
- Determinar el efecto de la aplicación de productos biotecnológicos a base de cepas seleccionadas de rizobacterias en el rendimiento y sus componentes más importantes del cultivo de garbanzo en condiciones edafoclimáticas de Subtanjalla – Ica.

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1 Materiales

2.1.1 Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el fundo "Agroorgánica" ubicado en el caserío Arrabales, distrito Subtanjalla, provincia y departamento de Ica.

Con las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud 14º01'30.86''S
- Longitud 75º44'42.84''O
- Altitud 425 m.s.n.m

Coordenadas UTM:

18L 419528.75 m E - 8449353.97 m S

2.1.2 Análisis de suelo

Para conocer las características físico mecánicas y químicas del suelo, se envió una muestra representativa de aproximadamente 1 kg al laboratorio para su análisis respectivo; dicha muestra se conformó de la mezcla homogénea de cinco sub muestras extraídas de igual número de puntos del campo experimental a una profundidad aproximada de 0.30 m (Tabla 1).

Cabe señalar que en el mes de octubre del 2020, Ccaico Parco Sheyla, realizó su trabajo de investigación en un sector del mismo campo experimental; por lo que los análisis de suelo, ya se habían realizado de manera conjunta.

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

Fuente: Laboratorio Agrícola. CITE AGROINDUSTRIAL. (Anexo 8.2).

La muestra representativa de suelo que se envió al laboratorio para su análisis respectivo, también fue analizada para conocer las características químicas o de fertilidad del suelo, del campo experimental, a fin de tener en cuenta en las unidades experimentales donde se tuvo que fertilizar (Tabla 2).

Tabla 2.

Análisis químico del suelo

Determinación	Suelo 0 - 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	Moderadamente 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	Titulacion con EDTA	Medio
Ca++ meq/100 g	7.31	Titulacion con EDTA	Alto
Mg++ meq/100g	1.32	Titulacion 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

Fuente: Laboratorio Agrícola. CITE AGROINDUSTRIAL. (Anexo 8.2).

2.1.3 Observaciones meteorológicas

Los datos meteorológicos que se muestran en la Tabla 3, fueron obtenidos de la estación meteorológica CO-TACAMA – SENAMHI – ICA, desde el periodo de instalación del cultivo hasta la cosecha del experimento.

Tabla 3.

Observaciones meteorológicas de junio a octubre 2021.

Meses	Temperatura °C			Horas de sol (unidad)	Humedad relativa (%)	Velocidad de viento
	Maxima	Media	Minima	mensual	mensual	mensual
Junio	24.9	17.62	10.34	211.4	86.4	1.5
Julio	26.08	18.14	10.2	217.4	85.9	1.4
Agosto	27.29	18.96	10.62	232.3	86.77	1.5
Setbre	28.2	19.63	11.05	194.9	82.01	1.5
Octbre	S/D	S/D	S/D	S/D	79.11	S/D

Fuente: Estación meteorológica CO-TACAMA – SENAMHI – ICA. (Anexo 8.3).

Latitud Sur : 13° 59´59.1¨

Longitud Oeste : 75° 43´14¨

Altitud : 440 msnm.

2.1.4 Tratamientos en estudio

Los tratamientos considerados en el presente estudio consisten en la aplicación de dos cepas seleccionadas de rizobacterias, inoculadas solas y combinadas con sus respectivos testigos TN+ y TN-, sumando cinco tratamientos (Tabla 4).

Tabla 4.

Tratamientos en estudio

N°	Tratamientos	Dosis (cc/kg de semilla)
1	*Bacillus* sp.	1.0
2	*Rhizobium* sp.	1.0
3	*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.	0.5 + 0.5
4	TN+	40-40-40 NPK
5	TN-	Testigo absoluto (sin aplicación)

Donde:

Cepa 1 = *Bacillus* sp.

Cepa 2 = *Rhizobium* sp

2.1.5 Características de la variedad precoz de garbanzo

Sobre las características de la variedad "Precoz" de garbanzo, se caracteriza por el tamaño grande de su grano (70 - 72 g en 100 granos), color marfil claro, rugoso, muy buen aspecto y calidad culinaria; de hábito de crecimiento determinado o erecto, muy precoz (120 días a la cosecha en seco). Su rendimiento promedio puede superar con facilidad los 2,500 kg/ha, sobre todo cuando ha recibido por lo menos dos riegos en los valles de Palpa y Nazca. Se ha adaptado muy bien a las condiciones de suelo y clima de zonas con escasez de recurso hídrico [27].

2.2 Métodos

2.2.1 Tipo y Nivel de la investigación

La presente investigación es cuantitativa de tipo experimental.

El nivel de la investigación es aplicada, porque se trata de una investigación que busca resolver problemas prácticos a través de la aplicación de tratamientos definidos.

2.2.2 Población y Muestra del estudio

La población está representada por las plantas de garbanzo precoz de hábito de crecimiento determinado que se sembró colocando tres semillas por golpe, dejando dos plantas por golpe, con una población de 600 plantas en el campo experimental.

La muestra del estudio se refiere a las 125 plantas que se evaluaron (cinco plantas por parcela en cada uno de los cinco bloques).

2.2.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se refiere a la relación que se establece entre la variable independiente (X) y la otra dependiente (Y), a fin de poder examinar la influencia de una sobre la otra. En este caso, se trata de responder a la pregunta de investigación controlando las variables independientes y analizando cómo afectan a las variables dependientes, con respecto al rendimiento por unidad de superficie.

2.2.4 Diseño experimental

Se utilizó el diseño en bloques completamente al azar, con cinco tratamientos en cinco repeticiones, haciendo un total de 25 unidades experimentales o parcelas (Figura 1).

2.2.5 Características del campo experimental

Las dimensiones del campo experimental, donde se condujo la investigación en garbanzo, se detallan a continuación:

❖ 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

❖ Bloque

- Largo de un bloque : 6.00 m
- Ancho de un bloque : 2.40 m
- Número de bloques : 5
- Área de un bloque : 14.40 m^2

❖ Parcela experimental

- Largo de parcela : 2.40 m
- Ancho de parcela : 1.20 m
- Área de una parcela : 2.88 m^2
- 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:

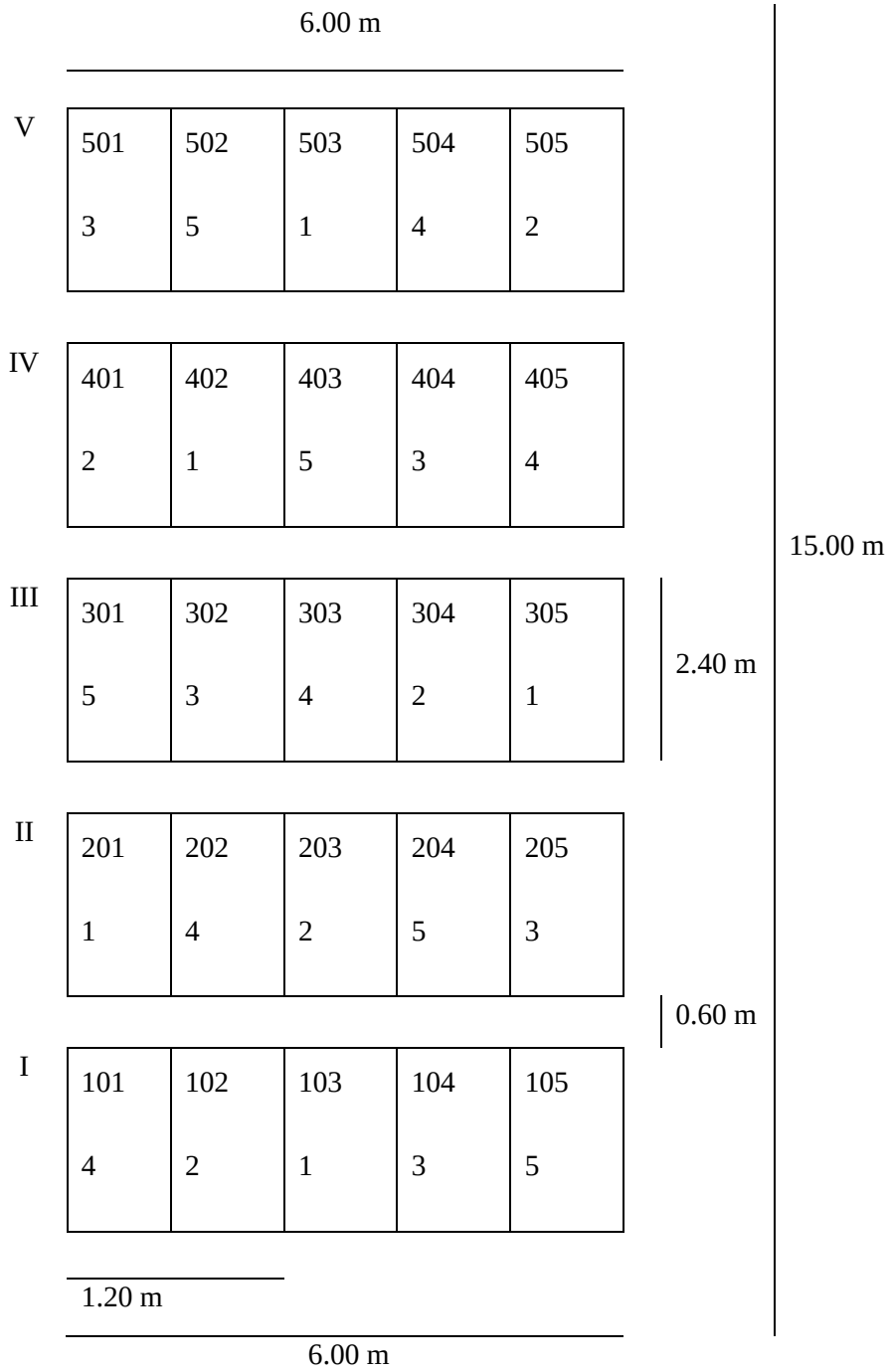

Figura 1. Croquis experimental

2.2.6 Metodología de aplicación de los tratamientos

Se siguió la siguiente metodología:

- La inoculación de la semilla de garbanzo con las cepas seleccionadas de *Bacillus* sp. y *Rhizobium* sp. se realizó momentos antes de la siembra dejando en reposo por breves momentos.
- La semilla inoculada y la semilla de los testigos N+ y N-, se sembró colocando tres por golpe, a un distanciamiento de 0.60 m entre surcos y 0.40 m entre golpes.
- La semilla inoculada con *Bacillus* sp. le correspondió a las parcelas que recibirían el tratamiento 1.
- La semilla inoculada con *Rhizobium* sp. le correspondió a las parcelas que recibirían el tratamiento 2.
- La semilla inoculada con la combinación *Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. le correspondió a las parcelas que recibirían el tratamiento 3.
- La semilla que no fue inoculada, le correspondió a las parcelas identificadas con el tratamiento testigo 4 que serían fertilizadas con NP+
- La semilla que no fue inoculada, ni fertilizada, le correspondió a las parcelas identificadas con el tratamiento testigo absoluto 5,
- A los 30 días después de la siembra, se extrajeron tres plantas por parcela para la evaluación de las dimensiones de la parte aérea y radicular de la planta, así como de la materia seca. Etapa fenológica previa a la etapa reproductiva.
- A los 45 días después de la siembra, se extrajeron tres plantas por parcela para la evaluación de las dimensiones de la parte aérea y radicular de la planta, así como de la materia seca. Etapa fenológica reproductiva, en la que se evalúa la presencia de nódulos por planta.
- La conducción y manejo agronómico se llevó a cabo según lo que requiere un cultivo normal de garbanzo, con el apoyo del personal de campo del Fundo Agroorgánica.
- Se trató de implementar un manejo integrado de plagas con énfasis en el control etológico y biológico.
- Las evaluaciones de las variables en estudio y sobre las labores planificadas, se realizaron oportunamente, a fin de poder tomar las decisiones más pertinentes en cada etapa fenológica del cultivo.

2.2.7 Conducción del experimento

Preparación del Terreno

La labor de preparación de terreno consta de diferentes etapas, se inició el 27 de mayo del año 2021, utilizando arado de tracción animal, en esta labor se realizó la remoción del suelo para poder mover los restos del cultivo anterior.

El 28 de mayo se procedió a retirar todos los rastrojos de manera manual.

El 29 de mayo se trabajó el terreno también con tracción animal, se colocó un lastre de cemento para hacer la labor de nivelado, quedando listo para el riego de machaco.

El riego de machaco se realizó el día 30 de mayo, a través del sistema de riego tecnificado por goteo, con una duración de dos horas hasta llegar a la saturación del suelo. Este riego se realizó estando las camas preparadas a un distanciamiento de 1.20 m entre camas, donde se iban a colocar dos hileras de garbanzo.

Demarcación del campo experimental

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

Inoculación y Siembra

El día 3 de junio de 2021, previamente a la siembra muy temprano por la mañana con las semillas contadas e identificadas en bolsas transparentes, se realizó la inoculación de las semillas con los inoculantes Cepa 1 = *Bacillus* sp. y Cepa 2 = *Rhizobium* sp con una dosis de 0.5 cc de cada inoculante por kg de semilla; a la vez se añadió agua mineral y una pequeña porción de suelo agrícola, para proceder a mezclar hasta formar una pasta homogénea facilitando la impregnación de las cepas a la superficie de todas las semillas. Luego se procedió a la siembra, 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 surcos y 0.40 m entre golpes.

Resiembra

La resiembra se realizó el día 13 de junio, después de haber realizado la primera evaluación del porcentaje de emergencia, con la finalidad de uniformizar la población de plantas de cada parcela. La resiembra consistió en inocular las semillas con los inoculantes Cepa 1= *Bacillus* sp. y Cepa 2= *Rhizobium* sp., solas o combinadas y colocar tres semillas por golpe en las respectivas parcelas.

Deshierbos

La labor de deshierbo se realizó con la finalidad de evitar la competencia de las malezas con las plantas de garbanzo por luz, nutrientes, agua y espacio, al inicio se realizaba de forma manual y posteriormente con ayuda de una lampa para facilitar la labor.

Los deshierbos se realizaron en cuatro oportunidades el 30 de junio, el 28 de julio, el 22 de agosto y el 2 de setiembre, de modo tal que se procuró tener un campo experimental libre de malezas.

Manejo fitosanitario

El manejo fitosanitario se basó en un constante monitoreo al cultivo de garbanzo, evaluaciones frecuentes, que permitieron ir tomando debida nota de la presencia de plagas y/o enfermedades que pudieran convertirse en un riesgo para el cultivo, dando prioridad a un manejo integrado de plagas (Tabla 5).

Tabla 5

Cronograma del manejo fitosanitario del cultivo de garbanzo

Fecha	Labor	Producto	Dosis	Plaga a controlar
15/06/2021	Cebo toxico	Melaza + Afrecho + Lannate	2kg+3kg+ 15g	Gusanos de tierra
21/06/2021	Trampa etológica	Trampa de melaza	2kg	Adultos de lepidóptero
22/06/2021	Cebo toxico	Melaza + Afrecho + Lannate	2kg+3kg+ 15g	Gusano de tierra
8/07/2021	Trampa etológica	Trampa de melaza	2kg	Adultos de lepidóptero
13/07/2021	Aplicación biológica	Biospore 6.4%PM (Bacillus)	300g/200L	Gusano perforador (*Heliothis virescens*)
27/07/2021	Aplicación biológica	Biospore 6.4%PM (Bacillus)	300g/200L	Gusano perforador (*Heliothis virescens*)
30/07/2021	Aplicación biológica	Biospore 6.4%PM (Bacillus)	300g/200L	Gusano perforador (*Heliothis virescens*)
16/08/2021	Aplicación química	Mazon+Lannate	100g/200L	Gusano perforador (*Heliothis virescens*)
2/09/2021	Aplicación química	Mazon +Lannate	100g/200L	Gusano perforador (*Heliothis virescens*)
24/09/2021	Aplicación química	Mazon	100g/200L	Gusano perforador (*Heliothis virescens*)

Biofertilización - Fertilización

Teniendo en cuenta los objetivos del presente estudio, los inoculantes aplicados, compuestos por cepas de *Rhizobium* sp. y de *Bacillus* sp., además de su acción con respecto al Nitrógeno capturado de la atmósfera y al Fósforo con mayor disponibilidad para la planta y las cualidades de ser rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, es que se considera que las parcelas que recibieron dichas cepas, solas o combinadas, fueron biofertilizadas. Con respecto al testigo del tratamiento 4 (Testigo NP+) se le fertilizó aplicando la formula 40-40-40 NPK.

De manera complementaria, se realizaron las aplicaciones foliares necesarias, según el estado fenológico de las plantas, destacando las aplicaciones a base de biol, fertilizante orgánico líquido, de manera frecuente (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
9/07/2021	36	Harvest more (20-20-20)	2kg/200L- 200g/20L
14/07/2021	41	Biol	200ml/ 20L
16/07/2021	43	Harvest more (20-20-20)	2kg/200L- 200g/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
23/09/2021	114	Biol	200ml/ 20L

Riegos

Los riegos se dieron a través del sistema tecnificado por goteo, con un distanciamiento entre goteros de 30 cm y un caudal aproximado de 2 L/h).

Los riegos que se aplicaron al cultivo de garbanzo fueron Inter diarios con un tiempo de 30 minutos por riego, teniendo en cuenta que el garbanzo no es muy exigente en agua y no tolera exceso de humedad al pie de planta; por lo que se tuvo especial cuidado en este aspecto.

Muestreo

Ante de realizar la cosecha general del cultivo, se extrajeron las vainas o cascabeles de cinco plantas representativas por parcela para las evaluaciones respectivas por cada tratamiento.

Cosecha

La cosecha se realizó el 10 de octubre del 2021, a los 129 días después de la siembra, labor que consistió en extraer las vainas secas en forma manual, las mismas que fueron colocadas en bolsas de papel debidamente rotuladas y se les llevó a un lugar seco y ventilado para que completen su secado y estar en buenas condiciones para la trilla.

Trilla

La trilla se realizó diez días después de la cosecha, el 20 de octubre del 2021, en forma manual extrayendo las semillas de las vainas y colocándolas en un sobre de papel debidamente identificado, para proceder a las evaluaciones finales con respecto al pesado de granos por planta y por parcela.

2.2.8 Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron fueron morfológicas de tipo cuantitativo, como se detalla a continuación:

- Longitud de la parte aérea a los 30 dds (cm). - A los 30 días después de la siembra (dds), se extrajeron tres plantas por parcela experimental, procediendo a separar la parte aérea de la parte radicular de la planta y tomando la longitud respectiva con una wincha metálica, expresando el promedio por parcela.
- Longitud de la parte radicular a los 30 dds (cm). – En las mismas tres plantas extraídas a las que se separó la parte aérea de la parte radicular, se procedió a tomar la longitud de la parte radicular, con una wincha metálica, expresando el promedio por parcela.

- Peso seco de la biomasa aérea a los 30 dds (g). – Las plantas extraídas para evaluar longitud de la parte aérea, fueron llevadas a estufa para obtener el peso seco de la biomasa aérea.
- Peso seco de la biomasa radicular a los 30 dds (g). – A las mismas plantas que se les separó la raíz para evaluar la longitud, se les llevó a la estufa para obtener el peso seco de la biomasa radicular.
- Longitud de la parte aérea a los 45 dds (cm). - A los 45 días después de la siembra (dds), se extrajeron tres plantas por parcela experimental, procediendo a separar la parte aérea de la parte radicular de la planta y tomando la longitud respectiva con una wincha metálica, expresando el promedio por parcela.
- Longitud de la parte radicular a los 45 dds (cm). – En las mismas tres plantas extraídas a las que se separó la parte aérea de la parte radicular, se procedió a tomar la longitud de la parte radicular, con una wincha metálica, expresando el promedio por parcela.
- Peso seco de la biomasa aérea a los 45 dds (g). – Las plantas extraídas para evaluar longitud de la parte aérea, fueron llevadas a estufa para obtener el peso seco de la biomasa aérea.
- Peso seco de la biomasa radicular a los 45 dds (g). – A las mismas plantas que se les separó la raíz para evaluar la longitud, se les llevó a la estufa para obtener el peso seco de la biomasa radicular.
- Número de nódulos por planta (unidad). – En las tres plantas extraídas a los 45 dds, se procedió a contabilizar y extraer los nódulos y se obtuvo el promedio respectivo de las tres plantas extraídas por parcela.
- Número de vainas por planta (unidad). – Se contabilizó el número de vainas o cascabeles de cinco plantas por parcela y se obtuvo el promedio respectivo por planta, para lo cual se consideraron las vainas con grano formado, excluyendo las vainas vanas.
- Peso de 100 granos (g). – Se conformaron tres grupos representativos por parcela de 100 granos cada uno y se procedió a tomar el peso, expresando en promedio por parcela.
- Rendimiento de grano por planta (g). - Se obtuvo el peso de los granos de cinco plantas por parcela y se expresó en promedio del peso de granos por planta, por cada parcela.
- Porcentaje de nitrógeno en el grano (%). - Se llevó una muestra de 30 g por parcela

o tratamiento, al laboratorio de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNICA, donde se pudo obtener el contenido de N de cada muestra o tratamiento, a través de los métodos adecuados.

- Rendimiento por parcela (kg). - Se obtuvo en primer lugar sumando el peso de granos de todas las plantas de cada parcela y para el rendimiento estimado por unidad de superficie se tuvo en cuenta dicho peso y se transformó a través de una regla de tres simple.

2.2.9 Procesamiento de la información

Los datos tomados en campo y laboratorio durante la realización de la presente investigación, fueron procesados y analizados teniendo en cuenta el Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA).

Para encontrar la significación estadística entre las fuentes de variación evaluadas, se realizó el Análisis de varianza (ANVA) para cada una de las variables del estudio, a los niveles 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad a través de la prueba de significación de "F".

Para determinar 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 establecieron los grupos homogéneos, así como 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

Se presentan los análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación.

Longitud de la parte aérea a los 30 dds

En el Análisis de varianza realizado para la longitud de la parte aérea de la planta de garbanzo a los 30 días después de la siembra (dds), no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ni entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 4.9% (Tabla 7).

Tabla 7

Análisis de varianza de la longitud de la parte aérea a los 30 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	22.9096	5.7274 NS	1.4635	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	3.8176	0.9544 NS	0.2439	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	62.6144	3.9134			
Total	24	89.3416	--	--		
$S_{\bar{X}}$ = 0.885	C.V. = 4.9 %		Promedio = 40.36 cm			

NS. - No existe diferencia significativa

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para comparar los de la longitud de la parte aérea de la planta, se observa que se corrobora la ausencia de diferencia significativa entre ellos, presentando valores muy similares, desde 41.7 cm para el tratamiento testigo fertilizado (NP+), hasta 39.04 cm para el testigo absoluto; mientras que los tres tratamientos, alcanzaron los valores intermedios, con 40.99, 40.5 y 39.56 cm de longitud de la parte aérea de la planta a los 30 dds (Tabla 8).

Tabla 8

Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte aérea a los 30 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Longitud de la parte aérea (30 dds)	
		Promedio (cm)	Duncan 0.05
4	Testigo NP+	41.7	a
3	*Bacillus* sp + *Rhizobium* sp.	40.98	a
1	*Bacillus* sp	40.5	a
2	*Rhizobium* sp.	39.56	a
5	Testigo NP-	39.04	a

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

Longitud de la parte radicular a los 30 dds

En el Análisis de varianza realizado para la longitud de la parte radicular de las plantas de garbanzo a los 30 días después de la siembra (dds), no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ni entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 9.72% (Tabla 9).

Tabla 9

Análisis de varianza de la longitud de la parte radicular a los 30 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	15.5064	3.8766	0.8525	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	1.3184	0.3296	0.0725	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	72.7576	4.54735			
Total	24	89.5824	--	--		
$S_{\bar{X}}$ = 0.954	C.V. = 9.72%		Promedio = 21.95 cm			

NS. - No existe diferencia significativa

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para comparar la longitud de la parte radicular de la planta, se comprueba la ausencia de diferencia significativa entre los tratamientos en estudio; sin embargo, el mayor valor numérico fue para el testigo 4(fertilizado NP+) con 22.58 cm, seguido del tratamiento 1(Bacillus sp.) con 22.1 cm, 2(Rhizobium sp) con 21.68 cm; el testigo absoluto 5(NP-) y el menor valor promedio, aunque sin diferencia significativa fue para el tratamiento 3(Bacillus sp + Rhizobium sp.) con 20.76 cm de longitud de la parte radicular a los 30 dds (Tabla 10).

Tabla 10

Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte radicular a los 30 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Longitud de la parte radicular (30 dds)	
		Promedio (cm)	Duncan 0.05
4	Testigo NP+	22.58	a
1	*Bacillus* sp	22.1	a
2	*Rhizobium* sp.	21.68	a
5	Testigo NP-	21.62	a
3	*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.	20.76	a

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

Peso seco de la biomasa aérea a los 30 dds

En el Análisis de varianza realizado para el peso seco de la biomasa aérea de las plantas de garbanzo a los 30 días después de la siembra (dds), no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ni entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 20.47% (Tabla 11).

Tabla 11

Análisis de varianza del peso seco de la biomasa aérea a los 30 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	1.4795	0.3699 NS	1.1465	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	0.4215	0.1054 NS	0.3266	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	5.1617	0.3226			
Total	24	7.0626	--	--		
$S_{\bar{X}}$ = 0.254	C.V. = 20.47%		Promedio = 2.77 g			

NS. - No existe diferencia significativa

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para comparar el peso seco de la biomasa aérea de la planta a los 30 dds, se verifica la similitud de los valores encontrados para todos los tratamientos en estudio; sin embargo, el mayor valor numérico fue para el tratamiento 2(*Rhizobium* sp.) con 3.04 g/planta, seguido del testigo 4(fertilizado NP+) con 3.03 g/planta, 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) con 2.74 g/planta, 1(*Bacillus* sp.) con 2.66 g/planta y el testigo absoluto 5(NP-) obtuvo el menor valor con 2.40 g/planta, sin diferencia estadística significativa entre todos los tratamientos (Tabla 12).

Tabla 12

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la biomasa aérea a los 30 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Peso seco de la biomasa aérea (30 dds)	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
2	*Rhizobium* sp.	3.04	a
4	Testigo NP+	3.03	a
3	*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.	2.74	a
1	*Bacillus* sp	2.66	a
5	Testigo NP-	2.40	a

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

Peso seco de la parte radicular a los 30 dds

En el Análisis de varianza realizado para el peso seco de la parte radicular de las plantas de garbanzo a los 30 dds, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio ni entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variación de 19.18% (Tabla 13).

Tabla 13

Análisis de varianza del peso seco de la parte radicular a los 30 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	0.0137	0.0034 NS	0.2777	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	0.0439	0.0110 NS	0.8884	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	0.1978	0.0124			
Total	24	0.2555	--	--		
$S_{\bar{X}}$ = 0.05	C.V. = 19.18%		Promedio = 0.58 g			

NS.- No existe diferencia significativa

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para comparar el peso seco de la parte radicular de la planta de garbanzo a los 30 dds, se verifica la similitud de los valores encontrados para todos los tratamientos en estudio; siendo el mayor valor numérico para el tratamiento 1(*Bacillus* sp.) con 20.63 g/planta, seguido del testigo absoluto 5(NP-) con 0.57 g/planta a igual que los tratamientos 2(*Rhizobium* sp.) y 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.); mientras que el testigo 4(fertilizado NP+) obtuvo 0.56 g/planta, siendo el menor valor encontrado para esta variable (Tabla 14).

Tabla 14

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la parte radicular a los 30 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Peso seco de la parte radicular (30 dds)	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
1	*Bacillus* sp	0.63	a
5	Testigo NP-	0.57	a
2	*Rhizobium* sp.	0.57	a
3	*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.	0.57	a
4	Testigo NP+	0.56	a

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

Longitud de la parte aérea a los 45 dds

En el Análisis de varianza realizado para la longitud de la parte aérea de la planta de garbanzo a los 45 días después de la siembra (dds), se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos evaluados y no se ha encontrado diferencia significativa entre las repeticiones, con un coeficiente de variación de 6.59% (Tabla 15).

Tabla 15

Análisis de varianza de la longitud de la parte aérea a los 45 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	178.6744	44.6686 *	3.6097	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	75.5064	18.8766 NS	1.5254	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	197.9936	12.3746			
Total	24	452.1744	--	--		
$S_{\bar{X}}$ = 1.573	C.V.	= 6.59 %	Promedio = 53.37 cm			

NS. - No existe diferencia significativa

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para comparar la longitud de la parte aérea de la planta a los 45 dds, se ha encontrado que el testigo 4(fertilizado NP+), el tratamiento 3(*Bacillus* sp + *Rhizobium* sp.) y el tratamiento 2(*Rhizobium* sp), se ubicaron en el primer lugar con 57.32, 55.12 y 53.5 cm de longitud, en promedio, respectivamente; mientras que el tratamiento 1(*Bacillus* sp.) y el testigo 5(NP-) se ubicaron en el segundo lugar con 50.46 y 50.44 cm de longitud de la parte aérea de la planta a los 45 dds (Tabla 16).

Tabla 16

Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte aérea a los 45 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Longitud de la parte aérea (45 dds)	
		Promedio (cm)	Duncan 0.05
4	Testigo NP+	57.32	a
3	*Bacillus* sp + *Rhizobium* sp.	55.12	a
2	*Rhizobium* sp.	53.5	a b
1	*Bacillus* sp	50.46	b
5	Testigo NP-	50.44	b

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

Longitud de la parte radicular a los 45 dds

En el Análisis de varianza realizado para la longitud de la parte radicular de las plantas de garbanzo a los 45 días después de la siembra (dds), se ha encontrado diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados, mas no así entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 5.2% (Tabla 17).

Tabla 17

Análisis de varianza de la longitud de la parte radicular a los 45 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	41.1456	10.2864 **	7.7977	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	3.7816	0.9454 NS	0.7167	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	21.1064	1.3192			
Total	24	66.0336	--	--		
$S_{\bar{X}}$ = 0.514	C.V. = 5.2%		Promedio = 22.08 cm			

NS. - No existe diferencia significativa

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para comparar la longitud de la parte radicular de la planta a los 45 dds, se han ubicado en el primer lugar los tratamientos 1(*Bacillus* sp.), 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) y 2(*Rhizobium* sp) con 23.5, 23.36 y 22.36 cm., en promedio, respectivamente, en el segundo lugar se ubicó el testigo fertilizado 4(NP+) con 20.84 cm y en el tercer lugar se ubicó el testigo absoluto (NP-) con 20.36 cm de longitud de la parte radicular a los 45 dds (Tabla 18).

Tabla 18

Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte radicular a los 45 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Longitud de la parte radicular (45 dds)	
		Promedio (cm)	Duncan 0.05
1	*Bacillus* sp	23.5	a
3	*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.	23.36	a
2	*Rhizobium* sp.	22.36	a b
5	Testigo NP+	20.84	b c
4	Testigo NP-	20.36	c

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

Peso seco de la biomasa aérea a los 45 dds

En el Análisis de varianza realizado para el peso seco de la biomasa aérea de las plantas de garbanzo a los 45 dds, se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos evaluados; más no así entre los bloques o repeticiones, con un coeficiente de variación de 19.98% (Tabla 19).

Tabla 19

Análisis de varianza del peso seco de la biomasa aérea a los 45 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	33.7225	8.4306 *	3.5946	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	23.1294	5.7824 NS	2.4654	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	37.5261	2.3454			
Total	24	94.3780	--	--		
$S_{\bar{X}}$ = 0.685	C.V. = 19.98%		Promedio = 7.67 g			

NS.- No existe diferencia significativa

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para comparar el peso seco de la biomasa aérea de la planta a los 45 dds, se observa que en el primer lugar solamente se ubicó el tratamiento testigo fertilizado 4(NP+) con 9.85 g/planta; en segundo lugar se ubicaron los tratamientos 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.), 2(*Rhizobium* sp.), el testigo absoluto 5(NP-), hasta 1(*Bacillus* sp.), con 7.45, 7.43, 7.24 y 6.36 g/planta, en promedio, respectivamente, sin diferencia significativa entre ellos (Tabla 20).

Tabla 20

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la biomasa aérea a los 45 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Peso seco de la biomasa aérea (45 dds)	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
4	Testigo NP+	9.85	a
3	*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.	7.45	b
2	*Rhizobium* sp.	7.43	b
5	Testigo NP-	7.24	b
1	*Bacillus* sp	6.36	b

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

Peso seco de la parte radicular a los 45 dds

En el Análisis de varianza realizado para el peso seco de la parte radicular de las plantas de garbanzo a los 45 dds, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio ni entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variación de 25.60% (Tabla 21).

Tabla 21

Análisis de varianza del peso seco de la parte radicular a los 45 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	0.3843	0.0961 NS	0.8949	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	0.6718	0.1680 NS	1.5644	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	1.7177	0.1074			
Total	24	2.7738	--	--		
$S_{\bar{X}}$ = 0.146	C.V. = 25.60%		Promedio = 1.28 g			

NS. - No existe diferencia significativa

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para comparar el peso seco de la parte radicular de la planta de garbanzo a los 45 dds, se verifica la similitud de los valores encontrados para todos los tratamientos en estudio; siendo el mayor valor numérico para el tratamiento testigo fertilizado 4(NP+) con 1.47 g/planta, seguido de 1(*Bacillus* sp.) con 1.33 g/planta, 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) con 1.32 g/planta, 2(*Rhizobium* sp.) con 1.16 g/planta y el testigo absoluto 5(NP-) con 1.12 g/planta, siendo el menor valor encontrado para esta variable (Tabla 22).

Tabla 22

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la parte radicular a los 45 dds en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Peso seco de la parte radicular (45 dds)	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
4	Testigo NP+	1.47	a
1	*Bacillus* sp	1.33	a
3	*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.	1.32	a
2	*Rhizobium* sp.	1.16	a
5	Testigo NP-	1.12	a

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

Peso seco de la biomasa aérea y parte radicular de la planta a los 30 y 45 dds

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

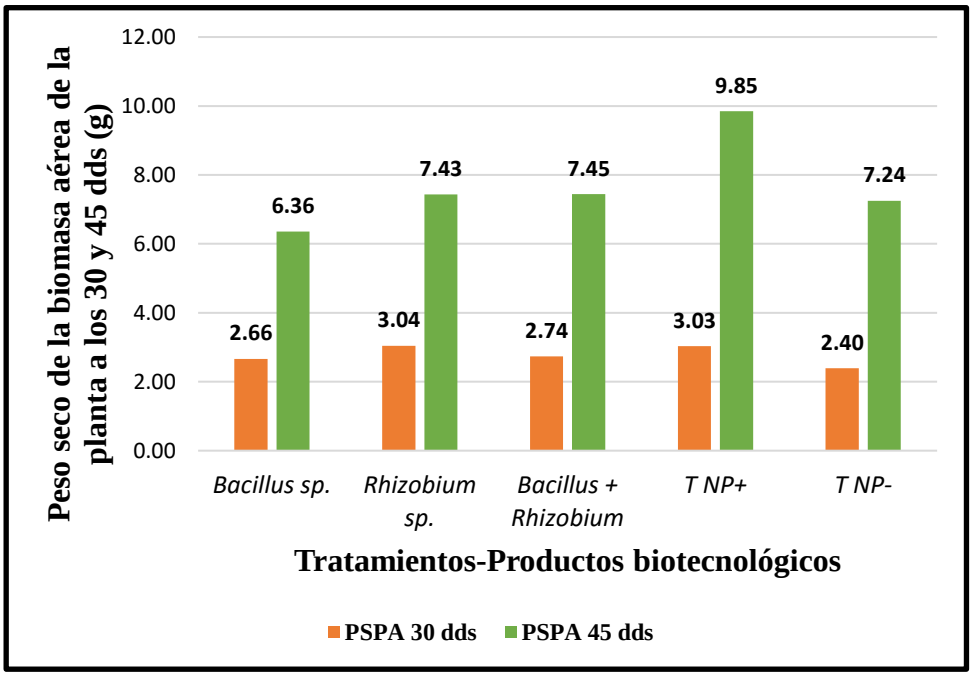

Figura 2. Peso seco de la biomasa aérea de la planta de garbanzo a los 30 y 45 dds

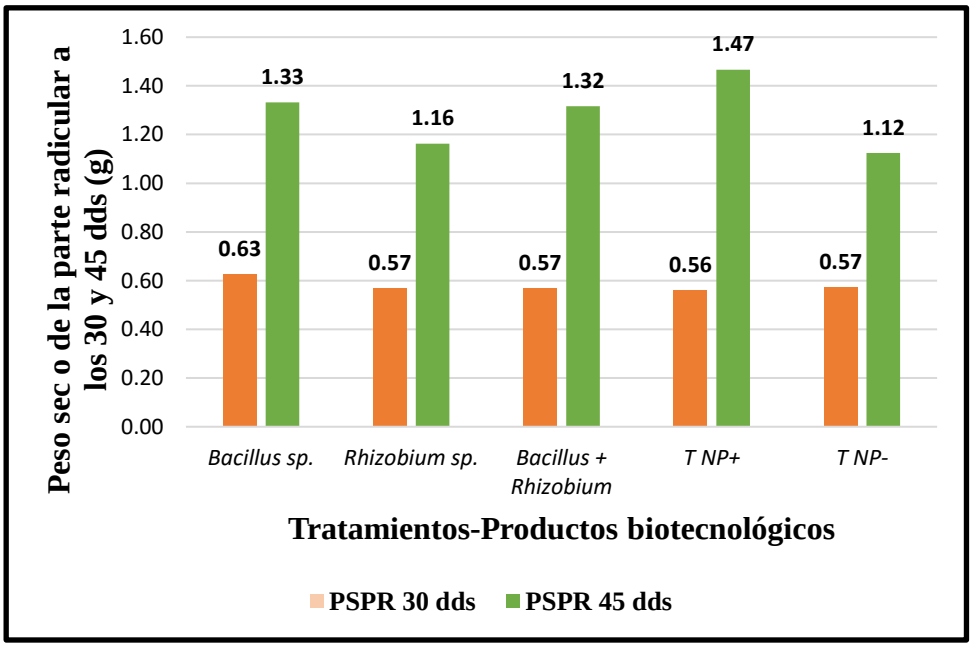

Figura 3. Peso seco de la parte radicular de la planta de garbanzo a los 30 y 45 dds

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 17.85% (Tabla 23).

Tabla 23

Análisis de varianza del número de vainas por planta 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	2507.04	626.76 NS	1.7933	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	387.84	96.96 NS	0.2774	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	5592.16	349.51			
Total	24	8487.04	--	--		
$S_{\bar{X}}$ = 8.361	C.V. = 17.85%		Promedio = 104.72 vainas			

NS. - No existe diferencia significativa

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para comparar el número de vainas por planta, se observa la similitud de los valores encontrados para todos los tratamientos en estudio; siendo el mayor valor numérico para el tratamiento 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) con 118.6 vainas/planta, seguido del testigo fertilizado 4(NP+) con 114.8 vainas/planta, tratamiento 2(*Rhizobium* sp.) con 99.4 vainas/planta, 1(*Bacillus* sp.) con 97 vainas por planta y finalmente, con el menor valor; aunque sin diferencia estadística con los demás tratamientos, se ubicó el testigo absoluto 5(NP-) con 93.8 vainas/planta, en promedio (Tabla 24).

Tabla 24

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del número de vainas por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Número de vainas por planta	
		Promedio (unidad)	Duncan 0.05
3	*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.	118.6	a
4	Testigo NP+	114.8	a
2	*Rhizobium* sp.	99.4	a
1	*Bacillus* sp	97	a
5	Testigo NP-	93.8	a

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

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 8.4% (Tabla 25).

Tabla 25

Análisis de varianza del peso de 100 granos 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	298.16	74.54 *	3.6423	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	13.76	3.44 NS	0.1681	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	327.44	20.465			
Total	24	639.36	--	--		
$S_{\bar{X}}$ = 2.02	C.V.	= 8.4%	Promedio = 53.84 g			

NS.- No existe diferencia significativa

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para comparar el peso de 100 granos, se observa que, en el primer lugar con los mayores promedios, se ubicaron todos los tratamientos en estudio, incluyendo el testigo fertilizado, con valores desde 56.8 g para 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.), 56.6 g para el testigo fertilizado 4(NP+), 56.4 g para 2(*Rhizobium* sp.) y 50.8 g 1(*Bacillus* sp.), sin diferencia significativa entre este grupo homogéneo. Solamente el testigo absoluto 5(NP-) se ubicó en el segundo lugar con 48.6 g/100 granos, en promedio (Tabla 26).

Tabla 26

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de 100 granos en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Peso de 100 granos	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
3	*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.	56.8	a
4	Testigo NP+	56.6	a
2	*Rhizobium* sp.	56.4	a
1	*Bacillus* sp	50.8	a b
5	Testigo NP-	48.6	b

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

Peso de granos por planta

En el Análisis de varianza realizado para el peso de granos por planta, se ha encontrado diferencia altamente significativa (99% de confiabilidad) entre los tratamientos en estudio; más no así entre los bloques o repeticiones, presentando un coeficiente de variabilidad de 13.45% (Tabla 27).

Tabla 27

Análisis de varianza del peso de granos por planta 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	968	242 **	4.8352	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	43.2	10.8 NS	0.2158	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	800.8	50.05			
Total	24	1812	--	--		
$S_{\bar{X}}$ = 3.164	C.V. = 13.45%		Promedio = 52.60 g			

NS. - No existe diferencia significativa

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para el peso de grano por planta, se observa que tres tratamientos se ubicaron en el primer lugar, desde el tratamiento 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) con 59.2 g/planta, el testigo fertilizado 4(NP+) con 58.4 g/planta y el tratamiento 2(*Rhizobium* sp.) con 54 g/planta, siendo un grupo homogéneo sin diferencia estadística entre ellos. El tratamiento1(*Bacillus* sp.), se ubicó en el segundo lugar con 48.8 g/planta, y el testigo absoluto 5(NP-) se ubicó en el tercer lugar con 42.6 g/planta (Tabla 28).

Tabla 28

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de granos por planta en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Peso de granos por planta	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
3	*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.	59.2	a
4	Testigo NP+	58.4	a b
2	*Rhizobium* sp.	54	a b
1	*Bacillus* sp	48.8	b c
5	Testigo NP-	42.6	c

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

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, presentando un coeficiente de variabilidad de 9 % (Tabla 29).

Tabla 29

Análisis de varianza del rendimiento de grano por parcela en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	35760.96	8940.24 *	3.0479	3.0069	4.7726
Repeticiones	4	32140.96	8035.24 NS	2.7394	3.0069	4.7726
Error Experimental	16	46931.84	2933.24			
Total	24	114833.76	--	--		
$S_{\bar{X}}$ = 24.221	CV = 9%		Promedio = 602 g			

NS.- No existe diferencia significativa

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para el rendimiento de grano por parcela, se observa que todos los tratamientos incluyendo el testigo fertilizado, se ubicaron en el primer lugar, desde el testigo 5(NP+) con 640 g/parcela (2,222.22 kg/ha), seguido del tratamiento 3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) con 638 g/parcela (2,215.28 kg/ha), 1(*Bacillus* sp.) con 614 g/parcela (2,132.64 kg/ha) y 2(*Rhizobium* sp.) con 572 g/parcela (1,986.11 kg/ha), siendo un grupo homogéneo sin diferencia estadística entre ellos. El testigo absoluto 5(NP-) se ubicó en el segundo lugar con 544 g/parcela (1,888.89 kg/ha) (Tabla 30 y Figura 4).

Tabla 30

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del rendimiento de grano por parcela y por hectárea en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Rendimiento de grano		
		Promedio/ parcela (g)	Promedio kg/ha	Duncan 0.05
4	Testigo NP+	640	2,222.22	a
3	*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.	638	2,215.28	a b
1	*Bacillus* sp	614	2,132.64	a b
2	*Rhizobium* sp.	572	1,986.11	a b
5	Testigo NP-	544	1,888.89	b

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

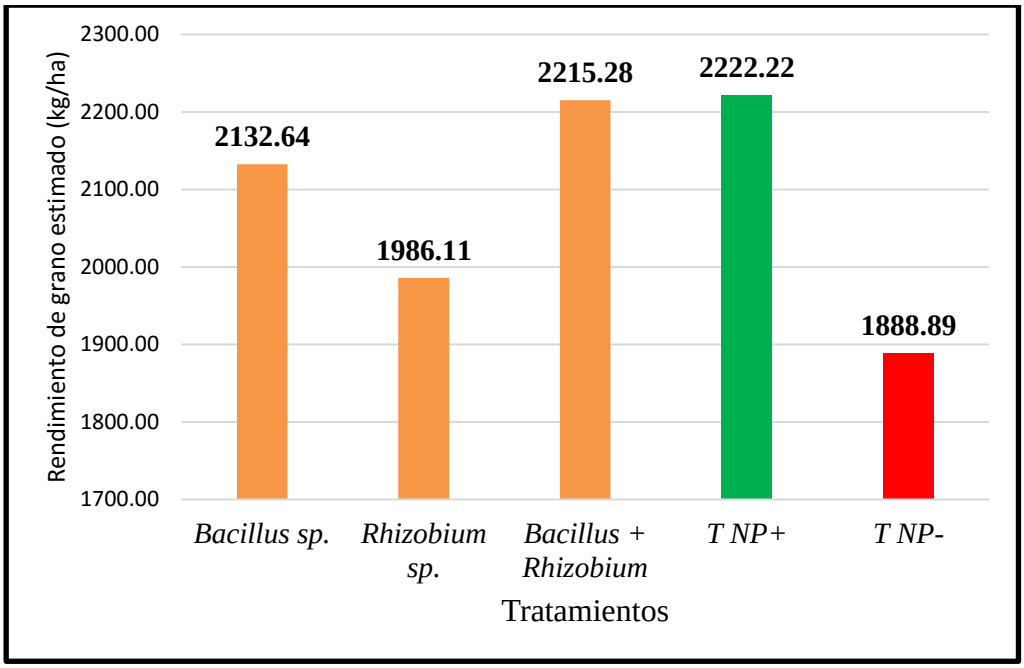

Figura 4. Rendimiento de grano (estimado) en kg/ha

Contenido de Nitrógeno en el grano

En el Análisis de varianza realizado para el contenido de nitrógeno en el grano, se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio; más no así entre los bloques o repeticiones, presentando un coeficiente de variabilidad de 1.9% (Tabla 31).

Tabla 31

Análisis de varianza del contenido de nitrógeno en el grano en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	4	0.1731	0.043285 *	9.0839	6.3882	15.9770
Repeticiones	1	0.0270	0.02704 NS	5.6747	7.7086	21.1977
Error Experimental	4	0.0191	0.004765			
Total	9	0.2192	--	--		
$S_{\bar{X}}$ = 0.031	CV	= 1.9%	Promedio = 3.64% de N			

NS.- No existe diferencia significativa

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

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, realizada para el contenido de nitrógeno en el grano, se observa que los promedios obtenidos fueron muy variables, ocupando el primer lugar el tratamiento 2(*Rhizobium* sp.) 3.92% de N; en el segundo lugar se ubicó 1(*Bacillus* sp.) con 3.79% de N, en el tercer lugar se ubicaron el testigo fertilizado 4(NP+) junto con el tratamiento

3(*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.) con 3.69 y 3.64% de N, respectivamente; mientras que el testigo absoluto 5(NP-) se ubicó en el cuarto lugar con 3.54% de N en el grano (Tabla 32).

Tabla 32

Prueba de Rango Múltiple de Duncan del contenido de nitrógeno en el grano en la aplicación de productos biotecnológicos en el crecimiento y rendimiento del garbanzo en Subtanjalla – Ica.

Nº	Tratamientos	Contenido de N en el grano	
		Promedio (%)	Duncan 0.05
2	*Rhizobium* sp.	3.92	a
1	*Bacillus* sp	3.79	b
4	Testigo NP+	3.69	c
3	*Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp.	3.64	c
5	Testigo NP-	3.54	d

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

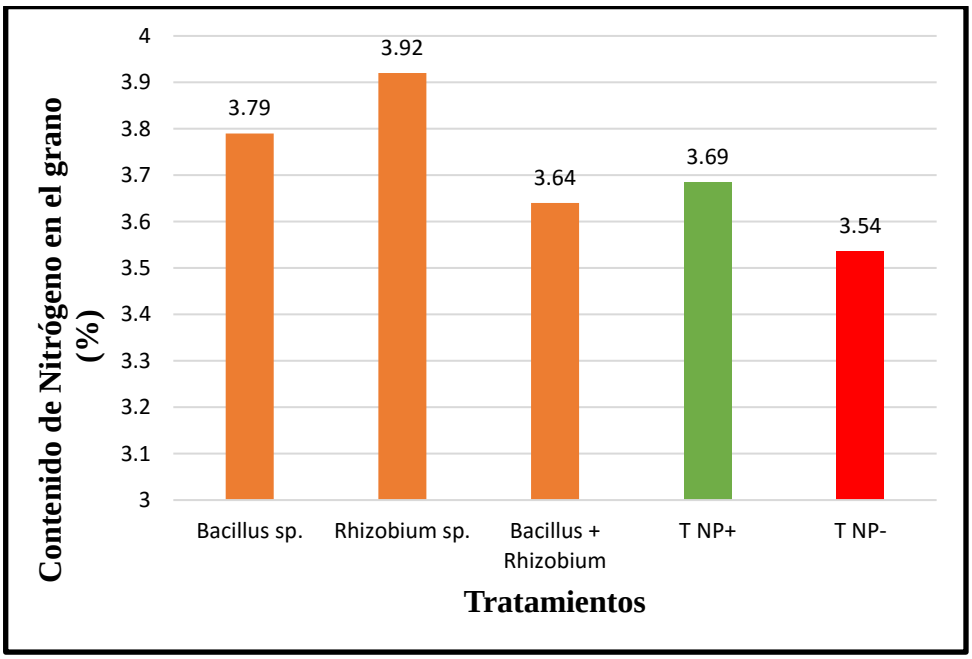

Figura 5. Contenido de Nitrógeno en el grano (%)

IV. DISCUSION

El presente estudio sobre el cultivo de garbanzo, se ha llevado a cabo teniendo en cuenta su importancia como cultivo alimenticio, su aporte de proteínas para la alimentación humana, que cada vez viene disminuyendo sus áreas de producción en las zonas donde tradicionalmente se ha venido sembrando; debido a múltiples factores, siendo uno de ellos la falta de asistencia técnica, ausencia de innovaciones tecnológicas que permitan hacer frente a problemas de índole fitosanitario, nutricional y de manejo agronómico mismo, empezando por la ausencia de semilla certificada o de nuevas variedades adaptadas a nuestras condiciones.

Se sabe bien que el garbanzo, es una especie foránea, introducida hace muchos años atrás, que ha encontrado excelente condiciones de clima y suelo, que ha permitido que la mayoría de cultivares introducidos, muestren buena adaptabilidad, con rendimientos bastante buenos; aunque lo más relevante es el tipo de grano que prefieren los consumidores, cualidades que cumple con amplitud, la variedad "Precoz" que desde hace muchos años atrás se viene cultivando en las zonas productores de garbanzo de la región Ica.

En este contexto, es que se plantea realizar el presente estudio aplicando productos biotecnológicos al cultivo de garbanzo como innovación tecnológica que se están utilizando de manera exitosa en diversos cultivos, y que los agricultores productores de garbanzo pueden aprender a utilizar, como prácticas sencillas adoptadas buscando mejorar el rendimiento de sus cultivos, a la vez de producir granos más sanos, menos contaminados, al disminuir el uso de los agroquímicos.

Los productos biotecnológicos pueden ser: cepas seleccionadas de rizobacterias probadas por su efectividad y eficiencia a nivel de laboratorio e invernadero, productos derivados de organismos vivos como las algas marinas, o derivados de la descomposición de los productos orgánicos como los bioles u otros bioestimulantes; y, con respecto al presente estudio, se han utilizado cepas seleccionadas de rizobacterias: *Bacillus* sp. y *Rhizobium* sp., porque numerosos estudios demuestran que la interacción de estos microorganismos con las plantas potencia su crecimiento y desarrollo; considerando necesario probarlos en garbanzo; para lo cual se inoculó la semilla el mismo día de la siembra.

Las condiciones del suelo en las que se instaló el presente estudio, indica que se trata de un suelo de textura Areno Franco (A Fco), de consistencia ligera, con escasa retentividad de agua y nutrientes; de reacción moderadamente alcalina, con bajo contenido de materia orgánica y escaso contenido de nitrógeno; ligeramente salino, contenido alto de fósforo, medio en capacidad de intercambio catiónico con predominancia de los iones Calcio y Magnesio, condiciones bajo las cuales se desarrolló el cultivo de garbanzo con ciertas limitaciones, que fueron superadas por la biofertilización a través de los inoculantes y la fertilización del testigo

nitrogenado y sobre todo porque el riego se dio a través del sistema tecnificado de riego por goteo, lo que permitió evitar excesos de agua al pie de planta, así como evitar el estrés hídrico; por lo que las plantas de garbanzo lograron un crecimiento y desarrollo favorables. Como menciona [6], el garbanzo es una planta resistente a la sequía, que en las zonas productoras de garbanzo donde se obtiene cosecha con un solo riego, responde positivamente a un riego suplementario ya que en general mejora la nodulación e incrementa el rendimiento y el número de vainas por planta. De igual manera, Clemente y Espino [26], reportan que en su investigación realizada en Salas – Guadalupe, Ica, alcanzaron buen rendimiento por encima de 2,800 kg/ha, con sus tratamientos inoculados con rizobacterias, manejado con sistema tecnificado de riego por goteo, y como señala Palomino [8], el garbanzo puede crecer en un amplio rango de suelos, desde muy arenosos, hasta muy pesados; prefiriendo un suelo franco arcilloso, sin exceso de sales solubles que es más idóneo para el cultivo.

Habiéndose sembrado en el mes de junio, se presentaron condiciones favorables a las preferencias del cultivo de garbanzo que crece y desarrolla con normalidad en climas fríos, las temperaturas no superaron los 28°C en ninguna etapa del cultivo; lo que favoreció a un buen cuajado de frutos. Como señala Shagarodski [4], las temperaturas óptimas para el cultivo de garbanzo son entre 21–29 ºC durante el día y 18 - 26 ºC durante la noche; coincidiendo con los valores de temperaturas que se presentaron durante el ciclo del cultivo.

A los 30 días después de la siembra, se extrajeron plantas de garbanzo de cada parcela experimental, a las cuales se les tomó la longitud de la parte aérea, longitud de la parte radicular y seguidamente se llevó a la estufa para tomar el peso seco de ambas partes de la planta.

Lo que se puede observar es que a los 30 días después de la siembra (dds), las plantas muestran una longitud de la parte aérea, bastante similar, sin diferencia significativa entre ellas mostrando valores entre 39.04 y 41.7 cm; mientras que para la longitud de la parte radicular se obtuvo valores entre 21.02 y 23.08 cm, también sin diferencia significativa entre ellos. De lo que se deduce que las plantas de garbanzo a esta edad, siendo una misma variedad, lo que muestran son variaciones mínimas más que nada refiriéndose al efecto ambiental.

Con respecto al peso seco de la biomasa aérea de la planta a los 30 dds, lo que se observa es que el incremento de materia seca a los 30 dds, es bastante similar, con valores extremos entre 2.40 g para el testigo absoluto (NP-) y 3.04 g para el tratamiento *Rhizobium* sp., sin diferencia significativa entre todos los tratamientos, sin embargo, se observa que al igual que el tratamiento con *Rhizobium* sp, el testigo Fertilizado (NP+), muestra valores muy similares; lo que demuestra el efecto del fertilizante sintético no destaca sobre el efecto del inoculante.

En el peso seco de la parte radicular de la planta a los 30 dds, todos los tratamientos tuvieron similar efecto en esta variable del garbanzo; sin embargo, el mejor promedio lo presentó el

tratamiento a base de cepas seleccionadas de *Bacillus* sp., dato que es muy importante porque esta bacteria es una promotora del crecimiento vegetal y posibilita una mejor absorción del Fósforo por la raíz del garbanzo, con lo cual hay una mejor nutrición para la planta.

En el peso seco de la biomasa aérea de la planta a los 45 dds, en plena floración, el tratamiento testigo fertilizado, alcanzó el mayor peso seco por planta; es decir acumuló mayor materia seca hasta la floración, seguido del tratamiento combinado *Bacillus* sp + *Rhizobium* sp., que tuvo similar peso seco de la biomasa aérea de la planta con los demás tratamientos, incluyendo el testigo absoluto, aunque mostró el menor valor promedio. Con respecto al peso seco de la biomasa aérea de la planta a los 30 dds, sí se nota claramente la mayor acumulación de materia seca en la etapa de floración, a los 45 dds, en que la planta prácticamente logró su máxima altura y deja de crecer para translocar los nutrientes de la parte radicular a la parte aérea, concretamente a las vainas o cascabeles en formación. Estos resultados difieren de los reportados por Ayoub et al [21], quienes refieren que los tratamientos inoculados en su estudio, superaron significativamente a los tratamientos sin inocular. Por otro lado, investigadores como Tilak y Srinivasa [14], señalan que encontraron un incremento del peso seco aéreo y radicular, y un incremento del rendimiento en sus tratamientos inoculando la semilla de garbanzo con bacterias promotoras del crecimiento vegetal.

Con respecto al peso seco de la parte radicular de la planta a los 45 dds, el tratamiento testigo fertilizado alcanzó el mayor promedio, sin diferencia significativa con el tratamiento a base de *Bacillus* sp y la combinación *Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp., destacando que las bacterias promotoras del crecimiento vegetal tienen efecto positivo en la materia seca de la parte radicular; lo cual favorece una mayor absorción de nutrientes del suelo y en particular del fósforo. Benjumeda [15] y Ortega et al [20] coinciden en señalar que, en sus investigaciones realizadas, los tratamientos inoculados tuvieron un mayor efecto en las principales variables que evaluaron, demostrando que los microorganismos benéficos, aplicados a las plantas, son una real alternativa de producción sostenible de los cultivos; porque pueden evitar el uso de agro químicos que son mucho más costosos y que además contaminan el suelo.

En el número de vainas por planta, los mayores promedios fueron alcanzados cuando se inoculó con *Bacillus* sp + *Rhizobium* sp, con 118.6 vainas por planta, en promedio; seguido muy de cerca por el testigo fertilizado que alcanzó 114.8 vainas por planta, en promedio, ambos destacaron sobre los demás tratamientos, aunque sin diferencia significativa; siendo que las plantas fertilizadas o biofertilizadas lograron mayores rendimientos, superando en promedio a las plantas que sólo recibieron un inoculante y al testigo absoluto; coincidiendo con [19] y [20], quienes reportaron que en sus tratamientos inoculados con rizobacterias, lograron incremento en el número de vainas por planta, siendo un importante componente de rendimiento. El incremento de esta variable, está relacionado con un mayor porcentaje de cuajado de flores; es

decir, una mejor nutrición de la planta, permite que mayor número de flores se conviertan en vainas y eviten desprenderse fácilmente.

El peso de 100 granos, es una variable cuantitativa muy importante porque aporta al rendimiento por planta y está relacionado con la formación de granos sanos, vigorosos, bien conformados, con tamaño característico de la variedad; en el presente estudio el tratamiento inoculado con la combinación de *Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp. al igual que el testigo fertilizado (NP+), han jugado un rol nutricional y estimulante importante ya que han logrado 56.8 y 56.6 gramos en 100 granos, respectivamente, superando de manera significativa al tratamiento inoculado sólo con *Bacillus* sp. y al testigo absoluto (NP-) que sólo alcanzaron 50.8 y 48.6 gramos en 100 granos, respectivamente; corroborando la importancia de la nutrición de la planta para lograr granos bien conformados y de buen tamaño. Estos resultados son similares a los obtenidos por Ayoub et al [21], quienes señalan que en las plantas inoculadas alcanzaron un rendimiento mayor y los granos presentaron mayor calibre; es decir, la inoculación con *Mesorhizobium ciceri* incrementó el rendimiento y la calidad del grano cosechado; al igual que [19], quien reporta 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.

Cabe señalar que en el presente estudio, al extraer las plantas de garbanzo en plena floración, no se observó presencia de nódulos, ni en los tratamientos inoculados ni en los testigos fertilizado (NP+) ni absoluto (NP-), lo cual, en primera instancia llamó mucho la atención; sin embargo, se debe tener en cuenta que el garbanzo no es un cultivo nativo, es una especie foránea, y al haber sembrado por primera vez en el campo experimental designado para esta investigación, pues, no se hallaron cepas nativas de rizobios, que de acuerdo con la literatura consultada, es *Mesorhizobium ciceri*, la bacteria específica que nodula con garbanzo; otras cepas de bacterias seleccionadas que se inoculen al garbanzo, tienen un comportamiento de promotor del crecimiento vegetal, como en el presente caso debe haber ocurrido con *Bacillus* sp., y *Rhizobium* sp. Ayoub et al [21], señalan que la ausencia de nódulos en la mayoría de las plantas del tratamiento control probablemente se debe a que, en el suelo de las parcelas donde se realizaron los ensayos no se sembró garbanzo previamente, por lo cual, es comprensible que no haya presencia de cepas de *M. ciceri* nativas. Es posible también que otras bacterias nativas de vida libre, que también captan N del ambiente y lo ponen disponible para la planta, sean las que hayan aportado a la promoción del crecimiento de los tratamientos aplicados. Sin embargo, [23], reportan que identificaron tres cepas bacterianas asociadas al garbanzo e identificadas como *Rhizobium* sp., las cuales fijaron nitrógeno atmosférico, solubilizaron fosfato de calcio, liberaron fitohormonas y fueron capaces de inhibir el crecimiento de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium incarnatum* y *Fusarium moniliforme*; con lo cual, queda la posibilidad de seguir investigando

para identificar cuál es el género que puede nodular en suelos de las zonas productoras de garbanzo de la región Ica, teniendo en cuenta que es un cultivo foráneo.

Con respecto al contenido de Nitrógeno en el grano, al finalizar la investigación, es notable la diferencia entre el tratamiento inoculado solamente con *Rhizobium* que obtuvo el mayor valor con 3.92% de N en el grano; al ser la bacteria cuya función simbiótica con la planta de garbanzo, determinó un mayor contenido de N en el grano; seguido de cerca por el tratamiento aplicado sólo con *Bacillus* sp., el testigo fertilizado (NP+) y el tratamiento aplicado con la combinación *Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp., que alcanzaron 3.79, 3.69 y 3.64% de N, respectivamente. Todos los tratamientos mencionados, superaron significativamente al testigo absoluto que sólo alcanzó 3.54% de Nitrógeno en el grano, con lo cual se concuerda con diversos autores que sostienen que es muy importante el aporte de Nitrógeno a la planta, ya que se traduce en el porcentaje de proteínas que es lo que finalmente es el valioso aporte como producto alimenticio y nutricional para la población. Precisamente, este aporte de proteínas del garbanzo como leguminosa de grano, unido a la calidad de los aminoácidos que lo componen, es que hacen que este cultivo sea considerado muy importante en la dieta alimenticia y de la seguridad alimentaria; como toda leguminosa que se debe fomentar su consumo en zonas de población vulnerable con riesgo de desnutrición infantil, por el rol importante de aporte de proteínas, como lo recomienda de manera permanente la FAO.

El Peso de grano por planta o rendimiento unitario, es la expresión final del comportamiento o respuesta de la planta a la aplicación de los tratamientos ante determinados factores ambientales de clima y suelo; por lo que es muy importante este resultado. El tratamiento inoculado con la combinación *Bacillus* sp. + *Rhizobium* sp., junto con el tratamiento fertilizado (NP+) y el tratamiento inoculado con *Rhizobium* sp., alcanzaron 59.2, 58.4 y 54.0 g/de grano por planta, respectivamente, superando significativamente tanto al testigo absoluto (NP-) como al tratamiento inoculado sólo con *Bacillus* sp. que obtuvieron 48.8 y 42.6 g/de grano por planta, respectivamente. Como consecuencia, en el rendimiento por parcela y por consiguiente en el rendimiento estimado por unidad de superficie, se tiene que todos los tratamientos inoculados y el testigo fertilizado (NP+), superaron significativamente al testigo absoluto (NP-), evidenciando la importancia de la nutrición a través de biofertilizantes o de fertilizantes para un buen rendimiento en el cultivo de garbanzo, con la salvedad de que los biofertilizantes son la alternativa para una agricultura sostenible, que produzca granos sanos y con menor costo al disminuir el rubro de fertilizantes sintéticos. Estos resultados, concuerdan con los reportes de [23], quienes señalan que la inoculación en el garbanzo, incrementó la nodulación y las variables de rendimiento del cultivo número de vainas por planta y masa fresca de los granos (g); al igual que [17], quien encontró que cuando inoculó de manera conjunta T. *harzianum* + *B. subtilis* + *Mesorhizobium ciceri* se incrementó el rendimiento del grano de garbanzo en la variedad

Blanoro, superando a la inoculación con la bacteria sola y el testigo fertilizado; por lo que llegó a la conclusión que es mejor realizar la inoculación conjunta de varios microorganismos.

Diversos estudios coinciden en sus conclusiones en señalar que el garbanzo tiene una gran capacidad para fijar nitrógeno atmosférico gracias a la simbiosis con rizobacterias, principalmente del género *Rhizobium*; tal como lo señala [22], que una de las características más importantes del garbanzo es la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico gracias a la simbiosis con bacterias rhizobaceas, principalmente del género *Rhizobium*, por lo que mejora la fertilidad del suelo y es capaz de autoabastecerse de nitrógeno (80%), ya que fija 140 kilogramos de nitrógeno del aire.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio en el cultivo de garbanzo, responden a las condiciones de suelo y clima en que se desarrolló la investigación; por lo que 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 un crecimiento y desarrollo del cultivo de garbanzo sin mayores limitaciones.
- Los productos biotecnológicos a base de rizobacterias seleccionadas, que se inocularon a la semilla del cultivo de garbanzo, tuvieron efecto positivo en el crecimiento de las plantas, tanto en longitud del follaje como en la materia seca obtenida, igualando al testigo fertilizado y superando significativamente al testigo absoluto.
- Las cepas seleccionadas de rizobacterias que se inocularon a la semilla de garbanzo, igualaron al testigo fertilizado en los principales componentes del rendimiento como número de vainas por planta, peso de 100 granos, rendimiento unitario, superando en promedio al testigo absoluto.
- Las cepas de rizobacterias cuando se inocularon combinadas, mejoraron su efecto positivo en las principales variables evaluadas en el presente estudio.
- Los productos biotecnológicos a base de rizobacterias y aplicados a la semilla de garbanzo, obtuvieron similar porcentaje de Nitrógeno en el grano que el testigo fertilizado; con la ventaja de contribuir a la salud del suelo al evitar una mayor contaminación.

VI. RECOMENDACIONES

El comportamiento del cultivo de garbanzo en la zona media del valle de Ica, distrito de Subtanjalla, los resultados obtenidos 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 a fin de poder evaluar un mayor número de plantas de garbanzo.
- Utilizar las rizobacterias de manera combinada; es decir, coinocular la semilla de garbanzo para obtener mejores resultados en las diferentes variables a evaluar.
- Además de *Bacillus* sp., *Rhizobium* sp., probar cepas seleccionadas de *Bradyrhizobium* sp., en el cultivo de garbanzo; por ser una bacteria promotora del crecimiento vegetal.
- Continuar investigando sobre los microorganismos benéficos que se encuentran en la rizosfera de la planta de garbanzo; aún siendo foránea, tiene mucho tiempo adaptado a las condiciones de suelo y clima de las zonas productoras de esta leguminosa.
- Fomentar el incremento de áreas de garbanzo en la región Ica así como el consumo de su grano por su excelente calidad proteica.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] L.J.G, Van der Maesen, N. Maxted, F. Javadi, S. Coles, and A.M.R. Davies. "Taxonomy of the genus Cicer revisited". In: S.S. Yadav, R. Redden, W. Chen, and B. Sharma, editors, "Chickpea breeding and management". *CABI, Wallingford, UK*. p. 14–46. 2007.

[2] Morales, J., Duron, L., Martinez, G., Nuñez, J., & Fu, A. "El cultivo de garbanzo blanco en Sonora" (Vol. 6). Sonora, Sonora, México. 2004.

[3] O.N Vizgarra, C.M Espeche, S. Mamaní G., D.L Ploper. TUC 403 y TUC 464. "Dos nuevas variedades de garbanzo tipo Kabuli para el Noroeste Argentino". Revista Producción Agroindustrial del Noroeste de Argentina. Transporte y Comercio Exterior 94 (1): 41- 47. 2017.

[4] T. Shagarodski. "Informe de una mutación en la colección cubana de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Cultivos Tropicales. 25(4):75–6. 2004.

[5] INFOAGRO. "El cultivo del garbanzo". Disponible en: https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_garbanzo.asp consultado: 10/07/2023.

[6] W. Cabrera. "Validación de variedades de garbanzo (*Cicer arietinum* L.); Joyabaj, Quiché. Tesis de Grado. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 2017.

[7] D. Vargas B. y R. Cárdenas T. "Cultivo del garbanzo, una posible solución frente al cambio climático" Cultivos Tropicales, vol 42. *N*° 1, 30 de marzo de 2021.

[8] 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 Cristobal de Huamanga, Ayacucho – Perú. 2010.

[9] Centro de Desarrollo para la Participación (CEDEP). "Manual del Garbanzo". *Ica*, Perú. 5, 6, 10, 12 y 13 p. 2009.

[10] Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). "Leguminosas de grano: Semillas nutritivas para un futuro sostenible". Catlaógo para orientar la mejora de ña calidad y la comercialización. 2016.

[11] P. G. Palomino L., Y. D. Rojas G., K. M. Vela C., J. M. Tong M., J. D. Espinoza B. "Galletas de harina de garbanzo". Trabajo de Investigación. Grado Académico de Bachiller. Universidad San Ignacio de Loyola. Lima. 2018.

[12] J.A. Saluzzo. ‘’Adaptación del cultivo de garbanzo en función de la variabilidad ambiental. Resumen 3era Jornada Nacional de Garbanzo”. INTA Salta. 2010. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-jornada_garbanzo_.pdf

[13] A. Saxena, R. Raghuwanshi, y H. Bahadur S. “*Trichoderma* species mediated differential tolerance against biotic stress of phytopathogens in Cicer arietinum L.” *Journal of Basic Microbiology* 55: 195-206. 2014.

[14] K. Tilak., B. Srinivasa. *‘’Bacillus cereus* and *B. circulans* novel inoculants for crops”. Current Science 90: 642-644. 2006.

[15] D. Benjumeda. M. “Bacterias promotoras del crecimiento vegetal: Mecanismos y aplicaciones’’. Trabajo de Fin de Grado en Farmacia. Departamento de Microbiología y Parasitología Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla, España. 44 p. 2017.

[16] Velasco-Jiménez, A., O. Castellanos-Hernández, G. Acevedo-Hernández, R. C. Aarland y A. Rodríguez-Sahagún. “Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura”. *Terra Latinoamericana* 38: 333-345. 2020.

[17] J. A. Ávila-Miramontes, G. Padilla-Zaldo, D. Martínez-Heredia, F. J. Rivas-Santoyo, M. A. Coronado E., P. Ortega-Murrieta. “Respuesta de algunos componentes del rendimiento del cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) a la inoculación de *Mesorhizobium ciceri*, *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* en la región agrícola de la costa de Hermosillo” Biotecnia / XVII (3): 3-8 (2015).

[18] I. Nieto N. “Evaluación de indicadores agronómicos del cultivo de leguminosas y estimación de la huella hídrica del cultivo de garbanzo en España”. Trabajo fin de grado. Departamento de Producción Agraria. Universidad Politécnica de Madrid. España. 2021.

[19] M. O. García, T. S Scull, B. D. Á. Rocafull, Y. R., Estrada, U. S., & D. C. T de Cádiz. G. “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.

[20] M. Ortega. G, T. Shagarodsky S., B.L. Dibut. A, Y. Rios. R, G. Tejeda. G y L. A. Gómez. J. “Influencia de la interacción entre el cultivo del garbanzo (Cicer arietinum L.) y la inoculación con cepas seleccionadas de *Mesorhizobium spp*.” Cultivos Tropicales 37: 20-27. 2016.

[21] Ayoub, et al, *respuesta del cultivo garbanzo (cicer arietinum l.) a la inoculación con mesorhizobium*. Nexo Agropecuario. Volumen 10. Número 1. 2022.

[22] J. M. Sánchez-Yáñez, J. Villegas Moreno, G. R. Vela-Muzquiz, y L. Márquez-Benavides, «Respuesta del garbanzo *(Cicer arietinum L.)* a la inoculación con *Azotobacter vineladii y*

Burkholderia cepacia a dosis reducida de fertilizante nitrogenado», *Sci. agropecu.*, vol. 5, n.º 3, pp. 115-120. 2014.

[23] M. Ortega García, Y. Ríos Rocafull, L. Zelaya Molina, J. Lara Aguilera, R. Orteaga Garibay, and M. C. Nápoles García. "Rizobia identification promoters of the vegetable growth associated to chickpea *(Cicer arietinum L.)*". Agron. Mesoam., vol. 34, no. 2, p. 50929, Jan. 2023.

[24] M. F. León B. "Estudio comparativo de cuatro genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) durante dos campañas en costa central". Tesis para Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 2020.

[25] H. F. Chipana A. 2016. "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.

[26] J.C. Clemente M y M. Espino E. "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.

[27] L. Espinoza, C. Cornejo, P. Aquije, L. Tejada et al. "Manual del cultivo de garbanzo para las zonas garbanceras de la Región Ica". Boletín Nº 2. IPL – COSUDE. Julio, 2004.

VIII. ANEXOS

8.1 Descripción de las rizobacterias utilizadas

Las rizobacterias son bacterias que habitan en el área del suelo donde se encuentra la raíz de las plantas, que recibe el nombre de rizosfera, zona que se caracteriza por la interacción única y dinámica de los procesos biogeoquímicos que ocurren entre las raíces de las plantas y microorganismos del suelo, los cuales se ven altamente influenciados por los exudados radiculares, además, en esta zona radicular, se encuentran una gran cantidad de microorganismos que en general estimulan el crecimiento vegetal y reducen la incidencia de enfermedades. 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*).

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

***Bacillus* sp.**

El género *Bacillus* forma parte de la familia *Bacillaceae*, compuesto por bacilos grampositivos grandes, caracterizados por su capacidad de producir endosporas. Este género es de gran importancia a nivel mundial, no solo por los beneficios que genera al ser humano sino también por ser considerados de fácil manejo ya que pueden aislarse tanto de agua como del suelo.

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

Ciertas cepas de ***Bradyrhizobium*** sp. y ***Rhizobium*** sp., pueden llegar a desarrollarse en ciertos suelos con problemas de fertilidad; por lo que es importante la identificación de cepas de bacterias resistentes a diferentes concentraciones de NaCl y a diferentes temperaturas, obteniendo así microorganismos con óptimas características para ser utilizados como biofertilizantes, con el fin de un desarrollo sostenible para el cultivo, cubrir la deficiencia nutricional del suelo y adaptarse a diferentes condiciones ambientales.

8.2 Análisis de suelo

CITE agroindustrial

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 114

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

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 Asis A:3, Ica

DATOS DE LA MUESTRA

Nombre de la Muestra: Suelo (Descripción por el Solicitante)	**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 agricola de cultivo de pallar. Descripción por el Solicitante)	
Lugar del Muestreo: FUNDO AGROORGANICA, CASERIO YANQUIZA-SUBTANJALLA (Descripción por el Solicitante)	**Muestreado por:** Srta. Sheyla Jeniffer Ccaico Parco (Descripción por el Solicitante)
Fecha de Recepción de la Muestra: 15/10/2020	**Fecha de Ejecución del Ensayo:** 15/10/2020 al 22/10/2020

RESULTADOS

Determinación	Unidad de medida	Valor	Método
ANALISIS FÍSICO			
Arena	%	78.56	Densímetro *
Arcilla	%	9.02	Densímetro *
Limo	%	12.42	Densímetro *
Clase textural	-	ARENO FRANCO	Triángulo textural *
ANALISIS QUIMICO			
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 Acida *
Materia Orgánica (M.O)	%	0.99	Ignición *
Nitrógeno Total (NT)	%	0.05	Cálculo – Ignición *
Fosforo (P)	ppm	17.91	Olsen- Espectrofotometria uv-vis *
PSA	%	25.41	Termo gravimetria *
CATIONES CAMBIABLES			
CIC	meq/100g	9.42	Titulación con EDTA *
Calcio (Ca^{2+})	meq/100g	7.31	Titulación con EDTA *
Magnesio (Mg^{2+})	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 CITEagroindustrial Ica
Condiciones ambientales del ensayo Temperatura máxima ambiental 25ºC.
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

- 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.

FIRMA

Quím. Elber Sánchez Fuentes
Responsable de Laboratorio Agroindustrial

Fecha de Emisión del Informe: 23/10/2020

Nota.- En octubre del 2020, **Ccaico Parco Sheyla,** realizó su trabajo de investigación en un sector del mismo campo experimental, por lo que debido al pequeño tamaño de parcelas, las muestras para el análisis de suelo, se tomaron de manera conjunta.

8.3 Datos meteorológicos SENAMHI

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Estación CO - TACAMA

Latitud : 13°59'59.1" S
Longitud : 75°43'14" W
Altitud : 440 msnm

Dpto. : Ica
Provincia : Ica
Distrito : Tinguiña

Parámetros :

Temperatura Maxima mensual (°C)

Item	Año	2021				
	mes	JUN	JUL	AGOS	SET	NOV
	1	24.9	26.08	27.29	28.2	28.52

Temperatura Minima 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	230.3	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=l/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 Subtanjalla Ica."

Senamhi

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

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

8.4 Análisis de nitrógeno en semillas de garbanzo precoz

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA "

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA

Nombre del destinatario

VERASTEGUI FIGARI , ANGIE CAROLINA

ANALISIS DE NITROGENO EN SEMILLAS DE GARBANZO PRECOZ

CODIGO DE	RESULTADOS (%)		UNIDADES
	1° ensayo	2° ensayo	
T1	3.9	3.68	G/100g
T2	4.02	3.82	G/100g
T3	3.5	3.63	G/100g
T4	3.71	3.66	G/100g
T5	3.55	3.52	G/100g

Metodo de analisis: Kjeldahl

Dr. SURCO LAOS, FELIPE ARTEMIO

DNI 21466250

8.5 Datos evaluados para los análisis estadísticos

Longitud de la parte aérea de la planta a los 30 dds					
Trat	I	II	III	IV	V
1	39.3	40.3	39.3	41	42.6
2	40.6	38	40.6	39	39.6
3	43	41.3	38.3	42	40.3
4	40.6	42	45.6	42	38.3
5	38	38.6	37	41.6	40

Longitud de la parte radicular de la planta a los 30 dds					
Trat	I	II	III	IV	V
1	20.3	20.6	23.3	21.3	27
2	21.3	21.6	20.3	23.6	21.6
3	22	21.6	21.3	22.3	19.6
4	22.3	26	25	20.3	22.3
5	23.3	21.6	18.6	21.3	20.3

Peso seco de la parte aérea de la planta a los 30 dds					
Trat	I	II	III	IV	V
1	2.8	2.42	2.43	3.61	2.06
2	3	2.77	3.42	2.46	3.57
3	3.49	2.68	2.11	2.75	2.65
4	2.82	2.49	3.99	3.55	2.31
5	2.21	2.84	2.08	2.38	2.47

Peso seco de la parte radicular de la planta a los 30 dds					
Trat	I	II	III	IV	V
1	0.63	0.65	0.5	0.82	0.53
2	0.53	0.55	0.4	0.68	0.69
3	0.5	0.62	0.64	0.57	0.51
4	0.6	0.51	0.76	0.54	0.4
5	0.44	0.66	0.64	0.61	0.51

Longitud de la parte aérea de la planta a los 45 dds					
Trat	I	II	III	IV	V
1	53	48	54.3	49	48
2	54.3	55.6	55.6	50	52
3	54	62.6	50	55	54
4	53.6	58	66	52	57
5	52	52.3	50.3	48.6	49

8.5 Datos evaluados para los análisis estadísticos ……(continuación)

Longitud de la parte radicular de la planta a los 45 dds					
Trat	I	II	III	IV	V
1	23.6	23	22.6	25.3	23
2	23.6	21.6	22.6	22	22
3	24.6	21.6	24.6	22	24
4	20.3	21	21.3	21.3	20.3
5	18.6	20	20	22.6	20.6

Peso seco de la parte aérea de la planta a los 45 dds					
Trat	I	II	III	IV	V
1	6.25	5.99	7.96	6.03	5.56
2	8.95	5.27	11.09	5.22	6.63
3	5.88	10.22	9.81	5.96	5.36
4	10.5	10.92	10.25	7.53	10.03
5	7.14	6.2	7.68	8	7.2

Peso seco de la parte radicular de la planta a los 45 dds					
Trat	I	II	III	IV	V
1	2	1.6	0.96	0.9	1.2
2	1.51	0.84	1.43	1.08	0.95
3	1.25	1.23	1.2	1.5	1.4
4	1.94	1.47	1.68	0.96	1.28
5	0.86	1.55	1.51	0.81	0.89

Número de vainas por planta					
Trat	I	II	III	IV	V
1	130	86	110	82	77
2	96	97	89	101	114
3	121	129	113	131	99
4	123	115	128	83	125
5	83	74	83	107	122

8.5 Datos evaluados para los análisis estadísticos ……(continuación)

Peso de 100 granos					
Trat	I	II	III	IV	V
1	51	49	54	49	51
2	55	51	55	61	60
3	57	58	60	54	55
4	54	60	51	62	56
5	55	47	55	41	45

Peso de granos por planta (rendimiento unitario)					
Trat	I	II	III	IV	V
1	52	45	55	47	45
2	41	49	53	61	66
3	70	60	59	55	52
4	51	63	56	55	67
5	45	40	42	41	45

Peso de granos por parcela					
Trat	I	II	III	IV	V
1	590	710	651	635	485
2	590	565	555	585	565
3	590	685	650	650	615
4	605	680	625	705	585
5	655	525	465	625	450

Contenido de Nitrógeno en el grano (%)		
Tratamientos	I	II
Bacillus sp.	3.9	3.68
Rhizobium sp.	4.02	3.82
Bacillus sp. + *Rhizobium* sp.	3.65	3.63
Testigo fertilizado (NP+)	3.71	3.66
Testigo absoluto (NP-)	3.55	3.52

8.6 Panel fotográfico

Figura 6. Demarcación del terreno

Figura 7. Inoculantes

Figura 8. Inoculación de semillas

Figura 9. Aplicación de cebo toxico

Figura 10. Aplicación de biol

8.4 Panel fotográfico ……(continuación)

Figura 11. Aplicación de NPK

Figura 12. Extracción de plantas 30 dds

Figura 13. Longitud de la parte aérea

Figura 14. Vista panorámica

8.4 Panel fotográfico ……(continuación)

Figura 15. Longitud de la parte radicular

Figura 16. Muestra de plantas en estufa

Figura 17. Peso de la parte radicular

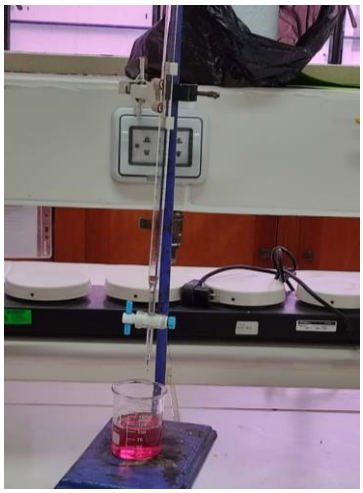

Figura18. Proceso de titulación del análisis de N

Figura 19. Proceso de destilación del análisis de N.