



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

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

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



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



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CONSTANCIA DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD 2025

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

"Efecto de un acondicionador del suelo y bioestimulantes microbianos en la productividad biológica y otras características del tomate (*Solanum lycopersicum M.*), bajo condiciones de "casa malla" en Ica"

Presentado por:

ABREGU ESCATE, MARIA MELCHORITA

Graduado del nivel Pregrado de la Facultad de Agronomía. El resultado obtenido es 06% de similitud (Seis por ciento de similitud) por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO

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

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

Observaciones:

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

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

Ica, 04 de junio del 2025

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

.....
CARMINA PAOLA DONAYRE ESPINOZA
Operador del Programa Informático iThenticate

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Facultad de Agronomía



Efecto de un acondicionador del suelo y bioestimulantes
microbianos en la productividad biológica y otras características del
tomate (*Solanum lycopersicum* M.), bajo condiciones de “casa
malla” en Ica

Línea de investigación: Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

TESIS

PRESENTADO POR:

ABREGU ESCATE MARIA MELCHORITA

PARA OPTAR

EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO

Ica – Perú

2025

DEDICATORIA

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por su infinita misericordia, por darme la vida, el propósito y la oportunidad de haber llegado hasta este momento. Su guía, protección y fortaleza fueron fundamentales en los momentos de duda, cansancio y dificultad.

Expreso también mi más profundo agradecimiento a mis padres, Cristian Óscar Abregu Bernaola y Maribel Melchorita Escate Riega, por su incondicional apoyo, amor, comprensión y sacrificio a lo largo de toda mi etapa universitaria. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la fe, pilares que me sostuvieron en los momentos más desafiantes.

Del mismo modo, extiendo mi gratitud a mis hermanos y a mis abuelos, quienes han sido un pilar esencial en este recorrido. Su compañía, sus palabras de aliento y su confianza en mí han sido el motor que me impulsó a seguir adelante día tras día, incluso cuando las fuerzas flaqueaban.

Asimismo, agradezco especialmente a mi amigo Josué Ramos Pineda, por haber sido una de las amistades más significativas durante esta etapa. Su apoyo constante, su escucha atenta y su compañía incondicional fueron de gran valor para mí, tanto en lo académico como en lo personal.

Este logro no es solo mío, sino también de todos quienes caminaron conmigo en esta travesía. A cada uno de ustedes, gracias por formar parte de este sueño hecho realidad.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”, Alma Mater de mi formación profesional.

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA, y a los Docentes por sus conocimientos impartidos durante nuestra formación profesional.

Al Ing. M. Sc. Carlos Ricardo Cornejo Merino, asesor del presente trabajo de investigación, por su apoyo constante en todo el proceso del trabajo.

Al Ingeniero Guillermo Espino Tipismana, por su participación permanente en el desarrollo del trabajo en su fase de campo

A todos aquellos que permitieron la ejecución del presente trabajo, en especial al Centro de Producción Fundo Arrabales, en la persona de su director Ing. Mg. Miguel Aquije García, por su incondicional apoyo.

INDICE GENERAL

	<u>Pág.</u>
Caratula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice General	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstrac.....	viii
1. INTRODUCCION.....	01
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	02
1.2. Antecedentes de la investigación	04
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	15
1.4. Hipótesis y variable.....	16
1.5. Objetivos de la investigación.....	17
2. ESTRATEGIA METODOLOGICA.....	18
2.1. Ubicación del campo experimental	18
2.2. Análisis de suelo	18
2.3. Observaciones meteorológicas.....	18
2.4. Tratamientos en estudio	19
2.5. Diseño experimental.....	19
2.6. Metodología desarrollada	20
2.7. Características del campo experimental	20
2.8. Croquis experimental	21
2.9. Conducción del experimento	21
2.10. Características evaluadas.....	24
3. RESULTADOS	26
4. DISCUSION.....	34
5. CONCLUSIONES.....	43
6. RECOMENDACIONES	44
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	45
8. ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 1:	Análisis Físico – mecánico del Suelo	18
Tabla 2:	Análisis químico del suelo	18
Tabla 3:	Observaciones meteorológicas de noviembre 2023, abril 2024	19
Tabla 4:	Tratamientos en estudio	19
Tabla 5:	Cronograma de riegos	23
Tabla 6:	Análisis de variancia de la productividad biológica del tomate por efecto de un acondicionador de suelo y bioestimulantes microbianos en Ica	26
Tabla 7:	Prueba de Duncan de la productividad biológica del tomate por efecto de un acondicionador de suelo y bioestimulantes microbianos en Ica	26
Tabla 8:	Análisis de variancia de la altura de planta del tomate por efecto de un acondicionador de suelo y bioestimulantes microbianos en Ica	27
Tabla 9:	Prueba de Duncan de la productividad biológica del tomate por efecto de un acondicionador de suelo y bioestimulantes microbianos en Ica	27
Tabla 10:	Análisis de variancia del diámetro del tallo del tomate por efecto de un acondicionador de suelo y bioestimulantes microbianos en Ica	28
Tabla 11:	Prueba de Duncan del diámetro del tallo del tomate por efecto de un acondicionador de suelo y bioestimulantes microbianos en Ica	28
Tabla 12:	Análisis de variancia del área foliar del tomate por efecto de un acondicionador de suelo y bioestimulantes microbianos en Ica	29
Tabla 13:	Prueba de Duncan del área foliar del tomate por efecto de un acondicionador de suelo y bioestimulantes microbianos en Ica	30
Tabla 14:	Análisis de variancia de la longitud de raíces del tomate por efecto de un acondicionador de suelo y bioestimulantes microbianos en Ica	30
Tabla 15:	Prueba de Duncan de la longitud de raíces del tomate por efecto de un acondicionador de suelo y bioestimulantes microbianos en Ica	31
Tabla 16:	Análisis de variancia del peso seco parte aérea del tomate por efecto de un acondicionador de suelo y bioestimulantes microbianos en Ica	31
Tabla 17:	Prueba de Duncan del peso seco parte aérea del tomate por efecto de un acondicionador de suelo y bioestimulantes microbianos en Ica	32
Tabla 18:	Análisis de variancia del peso seco de la raíz del tomate por efecto de un acondicionador de suelo y bioestimulantes microbianos en Ica	32
Tabla 19:	Prueba de Duncan del peso seco de la raíz del tomate por efecto de un acondicionador de suelo y bioestimulantes microbianos en Ica	33

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Croquis experimental	21
Figura 2: Productividad biológica del tomate	35
Figura 3: Altura de planta	37
Figura 4: Diámetro del tallo	38
Figura 5: Área foliar	39
Figura 6: Longitud de raíces	40
Figura 7: Peso seco de la parte aérea	41
Figura 8: Peso seco de la raíz	41

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de un acondicionador orgánico del suelo y dos estimulantes microbianos, sobre la productividad biológica del tomate y sus características morfo agronómicas, bajo condiciones de “casa malla” en Ica. La investigación se desarrolló en el Centro de Producción “Fundo Arrabales”, entre noviembre del 2023 y abril del 2024; se estudiaron siete tratamientos: Testigo Fertilización química NPK, acondicionador *Bradyrhizobium* sp y *Bacillus* sp, solos y la combinación del acondicionador orgánico con *Bradyrhizobium* sp y *Bacillus* sp, más un control absoluto. Se realizaron evaluaciones referidas a la productividad biológica, altura de planta, diámetro del tallo, área foliar, longitud de raíz, peso seco de parte aérea y radicular. Los resultados destacan en todas las características evaluadas a la fertilización NPK, compartiendo ese primer lugar con la combinación del acondicionador +*Bacillus* sp; no hubo mayor respuesta de los bioestimulantes microbianos, cuando fueron utilizados solos.

Por tanto, se sugiere continuar evaluando el efecto de los productos orgánicos como un complemento a la fertilización química y para su uso en la producción orgánica del tomate.

Palabras claves: Tomate, biofertilizantes, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*

SUMMARY

The objective of this study was to determine the effect of an organic soil conditioner and two microbial stimulants on tomato biological productivity and its morphoagronomic characteristics under "net house" conditions in Ica. The research was conducted at the "Fundo Arrabales" Production Center between November 2023 and April 2024. Seven treatments were studied: a control: NPK chemical fertilization, *Bradyrhizobium* sp. and *Bacillus* sp. soil conditioner alone, and a combination of the organic soil conditioner with *Bradyrhizobium* sp. and *Bacillus* sp., plus an absolute control. Evaluations were made regarding biological productivity, plant height, stem diameter, leaf area, root length, and dry weight of shoots and roots. The results stand out for all the characteristics evaluated with NPK fertilization, sharing first place with the combination of conditioner and *Bacillus* sp.; there was no greater response from the microbial biostimulants when used alone.

Therefore, it is suggested to continue evaluating the effect of organic products as a complement to chemical fertilization and for use in organic tomato production.

Keywords: Tomato, biofertilizers, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*

I. INTRODUCCIÓN

El tomate se posiciona como uno de los vegetales más destacados a nivel global, con un alto valor económico que representa aproximadamente el 30% de la producción hortícola mundial. A lo largo del tiempo, su demanda ha experimentado un notable crecimiento, impulsando la expansión de áreas de cultivo, el aumento de la producción y un comercio más dinámico. En los últimos años, este incremento en la producción se ha atribuido principalmente a mayores rendimientos y a la ampliación de la superficie cosechada. Jaramillo *et al*, [1]

Es apreciado como uno de los principales cultivos a nivel mundial, debido a su elevado potencial nutritivo; altos contenidos de licopeno, vitaminas A y C y antioxidantes, además de ser considerablemente utilizado en la industria farmacéutica cosmética y ornamental. Sánchez & Díaz-Barrera [2]

El cultivo de tomate para pasta, es una de las vegetales que cada año tiene más favoritismo para las empresas agroexportadoras, siendo la empresa ICATOM S.A, el principal productor a nivel nacional, recomendándose en el proceso productivo su trasplante a campo definitivo a partir del mes de junio, habiendo introducido en los últimos años nuevas tecnologías como opciones en nuestro país.

Los componentes del suelo, como nutrientes, materia orgánica y salinidad, junto con factores como la temperatura, rayos UV y el riego, tienen un impacto significativo en la calidad del fruto, dependiendo de la intensidad de estos factores, los compuestos en el fruto pueden variar, generando características organolépticas únicas. Esto permite ajustar el clima y el tipo de sustrato para alcanzar el sabor ideal que buscan los consumidores.

En cuanto a la disminución de la productividad agrícola, frecuentemente se atribuye al deterioro de la fertilidad química del suelo, mientras que la fertilidad física tiende a quedar en un segundo plano. Esto se debe a que la fertilidad generalmente se entiende como la disponibilidad de nutrientes, aunque esta última depende en gran medida del entorno físico del suelo. Dicho entorno físico es crucial, ya que influye directamente en las reacciones químicas y biológicas necesarias para el desarrollo óptimo de los cultivos. Sharma et al. [3]

En el contexto actual, se busca implementar estrategias orientadas a mejorar la calidad del suelo, centrándose en el uso de materiales orgánicos para su tratamiento. Esto incluye la aplicación de biofertilizantes disponibles en diversas presentaciones, tanto líquidas como sólidas, elaborados a partir de restos vegetales, excrementos de animales, lombrices, entre otros, complementados con acondicionadores del suelo. El impacto de estos tratamientos en la rizosfera y en el suelo depende de su composición química y del aporte nutricional, que puede variar según su origen. Un manejo adecuado del suelo no solo suministra insumos necesarios, sino que también estimula la actividad

de la microbiota, favoreciendo el desarrollo y crecimiento de los cultivos y mejorando la calidad y producción de los productos cosechados.

Para lograr altos niveles productivos en el cultivo de tomate, es necesario mejorar las técnicas agro productivas, atendiendo las exigencias nutricionales del cultivo en la cantidad necesaria y con aplicaciones oportunas de acuerdo a sus requerimientos.

La presente indagación tiene como objetivo principal evaluar el efecto de un acondicionador orgánico del suelo y estimulantes microbianos, en el rendimiento y características morfo agronómicas del cultivo de tomate, bajo condiciones de casa malla en Ica.

1.1 Descripción de la realidad problemática

El cultivo de tomate enfrenta importantes desafíos relacionados con el suelo, especialmente debido a su susceptibilidad a enfermedades radiculares, predominantemente de origen fungoso. Además, por tratarse de un cultivo con elevados requerimientos de fertilización química, debe adaptarse a la baja fertilidad del suelo, que es una consecuencia directa del proceso de producción.

Aunque la producción de tomates tiene una gran relevancia, los agricultores, en su búsqueda por optimizar los rendimientos y mejorar la salud de los cultivos, han recurrido al uso intensivo de fertilizantes minerales y pesticidas. Sin embargo, investigaciones como la de Socarrás et al. [4], han demostrado que el empleo desmedido de estos insumos genera serias consecuencias ambientales, incluyendo la contaminación del suelo, la pérdida de biodiversidad, el aumento del riesgo de salinización, la disminución de las reservas energéticas del suelo y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. La situación se complica debido al uso recurrente de productos químicos, como fungicidas de síntesis, empleados para controlar enfermedades, así como a la aplicación masiva de fertilizantes químicos. Estas prácticas no solo tienen un impacto negativo en el medio ambiente, sino que también representan un riesgo de contaminación para hortalizas como el tomate, lo que podría afectar gravemente la salud de los consumidores.

Dentro de los efectos negativos también se incluye el económico pues el constante aumento de los precios de los agroquímicos en el mercado principalmente afectado por factores exógenos, tiene un fuerte impacto en el aumento de los costos de producción, que sin lugar a dudas afecta la renta de los agricultores de la región.

El análisis de la producción de este cultivo nos indica que no se han realizado estudios sobre el uso de potenciadores de la producción, siendo los activadores del suelo producto de la tecnología, que se complementan con los bioestimulantes microbianos, factor de la producción de importancia principalmente para los pequeños y medianos agricultores con la

finalidad de incrementar la productividad del cultivo, y por ende lograr un mayor ingreso económico.

1.1.1 Formulación del problema

Problema General

¿Es posible que el acondicionador orgánico del suelo y los estimulantes microbianos, tengan efectos positivos en la productividad biológica del tomate y sus características morfoagronómicas, bajo condiciones de casa malla en Ica?

Problemas específicos

¿Cuál será el efecto del acondicionador orgánico del suelo y los estimulantes microbianos, en la productividad biológica del tomate, bajo condiciones de casa malla en Ica?

¿Cuál será el efecto del acondicionador orgánico del suelo y los estimulantes microbianos, en las características morfoagronómicas del tomate, bajo condiciones de casa malla en Ica?

1.1.2 Delimitación del problema

Delimitación espacial o geográfica

El presente trabajo se desarrolló en una “casa malla”, perteneciente a la asignatura de fisiología vegetal, ubicada en el “Fundo Arrabales”, de propiedad de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, localizado en el distrito de Subtanjalla, provincia y departamento de Ica, a la altura del km 298 de la Panamericana Sur, siendo las coordenadas UTM 419474.4652 E 8448986.072 N.

Delimitación temporal

La presente investigación se llevó a cabo entre los meses de noviembre del 2023 a abril del 2024, desde la preparación del material experimental, la conducción de las macetas en “casa malla”, aplicación de tratamientos, evaluaciones hasta la elaboración del informe final.

Delimitación social

El cultivo de tomate es una hortaliza que se incorpora en la dieta diaria de la población en general para consumo en fresco y su cultivo se encuentra principalmente en la pequeña y mediana agricultura, que garantizan el suministro alimenticio de nuestra región, por tanto, es trascendente desde el punto de vista de sostenibilidad económica social y ambiental de un gran número de agricultores.

Delimitación conceptual

Se hace necesario revertir el uso de productos químicos de síntesis que vienen impactando negativamente sobre el medio ambiente, existiendo una tendencia mundial a revertir esta situación, es por eso que la biofertilización viene siendo implementada poco a poco en una agricultura moderna.

1.2 Antecedentes de la investigación

Antecedentes internacionales

Chiquito et al [5], señalan que el uso de rizobacterias como agentes promotores del crecimiento vegetal en la agricultura se presenta como una alternativa ecológica frente al empleo excesivo de fertilizantes sintéticos. En su estudio, evaluaron el impacto de la inoculación con dos cepas rizobacterianas de *Pseudomonas putida* y la aplicación de dos concentraciones de fertilización sintética sobre la expresión morfo-productiva de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum M.*) cultivadas en invernadero. Se midieron variables como altura, diámetro del tallo, longitud y volumen de las raíces, biomasa, rendimiento, sólidos solubles totales (SST) del fruto y la población rizobacteriana. Los resultados muestran que tanto las cepas de *P. putida* como los niveles de fertilización sintética mejoraron de manera significativa los parámetros morfo-productivos de las plantas. Así, la aplicación de *P. putida* en plantas de tomate se presenta como una alternativa prometedora de bio-fertilizante para la producción agrícola sostenible.

Canales et al [6], reporta que la solución del suelo es un sistema complejo y abierto que tiene entradas y salidas de energía, este estudio se llevó a cabo para determinar el impacto de diferentes tipos de fertilizantes en la composición de la solución del suelo y la acumulación de biomasa en plantas de tomate. Se utilizaron plantas de tomate cultivadas en invernadero en macetas con suelo calcáreo y suelo forestal, para aplicar tres tipos de fertilizantes: solución de Steiner, fertilizantes sólidos y té de vermicomposta. En contraste, en la solución de suelo de té de vermicomposta, a excepción del Na^+ , hubo concentraciones de iones más bajas (94, 63, 118, 28, 75 y 98 mg L^{-1}) y una menor acumulación de biomasa de 1 355 g planta^{-1} . Los tratamientos de solución Steiner y fertilizantes sólidos presentaron los valores medios más altos de rendimiento, con 3 637 y 2 712 g planta^{-1} respectivamente. Este resultado indica que la forma de aplicación y la fuente del fertilizante influye en la solución del suelo.

Terry y Leyva [7], en experimentos que se llevaron a cabo en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba; revelan que se valoró la efectividad de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del tomate. Consistiendo los tratamientos en inoculación y/o coinoculación de la micorriza y la

rizobacteria, utilizando diferentes dosis de fertilización nitrogenada. El análisis de los resultados indica un efecto positivo de la coinoculación en el crecimiento de las plántulas, superando la altura de planta en un 23% al control, notándose también una eficiencia del 40% en el uso de la fertilización nitrogenada, que no presentó un afectó en el estado nutricional ni en el rendimiento agrícola.

Profundizando el análisis del rendimiento y algunos de sus componentes, los mayores rendimientos se consiguieron en aquellos tratamientos resultantes de plántulas coinoculadas y suplementadas con 90 y 120 kg N ha⁻¹ (Tratamientos 5 y 6), sin diferencias estadísticas con el control (Tratamiento 7). También se logró un mayor número de flores y frutos por planta, lo que permitió un porcentaje superior de fructificación, lo que conlleva a mayores rendimientos.

Los resultados obtenidos demuestran la eficiencia de la coinoculación *A. brasilense* + *G. clarum* como opción para sustituir el fertilizante nitrogenado aplicado al cultivo, sin que se presente alguna disminución del rendimiento; la coinoculación incrementó la acción individual de los microorganismos sobre el rendimiento agrícola, entre un 6-9% más de producción.

Hernández et al. [8], en su estudio con rizobacterias, propusieron que las bacterias del género *Bacillus* no solo tienen la capacidad de promover el crecimiento vegetal, sino también de actuar como agentes antagonistas frente a fitopatógenos, además de ser susceptibles de ser microencapsuladas en matrices biopoliméricas. Con base en ello, los objetivos del trabajo fueron adaptar un equipo y evaluar una técnica para producir microcápsulas de alginato de sodio que contuvieran rizobacterias de *Bacillus subtilis*; analizar su capacidad de biocontrol contra hongos fitopatógenos del suelo; y determinar su efecto en la promoción del crecimiento de plantas de tomate en condiciones de invernadero. Se emplearon las cepas B1, J1, M2 de *B. subtilis*, tanto de forma individual como combinadas. Posteriormente, cuando las plántulas estuvieron listas, se aplicaron nuevamente microcápsulas con *B. subtilis* a macetas previamente inoculadas con esporas y propágulos de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium sp.*. Los resultados evidenciaron que el dispositivo adaptado para la elaboración de microcápsulas funcionó adecuadamente. Las cepas de *B. subtilis* demostraron su eficacia en el biocontrol al reducir de manera significativa la incidencia y severidad de las enfermedades, al inhibir la actividad de los fitopatógenos. Además, las microcápsulas estimularon el desarrollo de las plantas y mejoraron el rendimiento de frutos, lo que sugiere que estas cepas bacterianas podrían ser agentes efectivos tanto de biocontrol como de biofertilización en cultivos de tomate.

Sánchez et al [9] reporta que debido a la presión del crecimiento poblacional con la consiguiente demanda de alimentos y por tanto de fertilizantes químicos para producirlos los cuales tienen alto costo y contaminan el ambiente. Por lo que se planteó una investigación para evaluar el efecto de la aplicación de diversas cepas aspirantes a promotoras del crecimiento vegetal sobre el crecimiento y producción del cultivo del tomate. El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación Tibaitatá (Corpoica) en Colombia, utilizando las cepas TVL-1 y TVL-2, identificadas como *Enterobacter sp.*, así como las cepas de *Pseudomonas sp.* PSO13, PSO14 y *Bacillus sp.* BEOO2 y BEOO3. Los resultados mostraron la capacidad inherente de estas cepas para solubilizar una fuente de fósforo de baja solubilidad, destacándose las cepas TVL-1, TVL-2 y PSO14 por obtener los mejores resultados. Además, las cepas TVL-1, TVL-2 y PSO13 demostraron actividad fosfatasa. Las bacterias también fueron capaces de producir índoles y sideróforos bajo las condiciones evaluadas. El experimento en invernadero reveló que las cepas TVL-2 y PSO14 aumentaron significativamente la biomasa y el desarrollo de las plantas ($p \leq 0.05$), así como el rendimiento en la producción de frutos, lo cual se puede atribuir a las capacidades bioquímicas relacionadas con la promoción del crecimiento vegetal observadas en el laboratorio.

Álvarez et al [10] indican que para determinar la respuesta agronómica de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la aplicación de *Bradyrhizobium japonicum* y quitosano de alto y bajo peso molecular se llevó a cabo una investigación, para tal fin, se establecieron 6 tratamientos 1) Quitosano de alto peso molecular, 2) Quitosano de bajo peso molecular; 3) *B. japonicum*; 4) *B. japonicum* + Quitosano de alto peso molecular; 5) *B. japonicum* + Quitosano de bajo peso molecular y 6) testigo experimental con 3 repeticiones en un diseño completamente al azar (DCA). Las semillas se impregnaron por dos horas en los distintos tratamientos, posterior al trasplante se efectuaron aplicaciones durante su desarrollo a los 30, 60 y 90 días. Los resultados muestran que, la mayor tasa de emergencia de las semillas de tomate se dio en aquellas embebidas con el tratamiento T1 (QAPM) y T4 (BFN+QAPM) obtuvieron los mejores resultados con 91,50 y 90,54%. Con respecto a características morfoproductivas como: altura de la planta, longitud radicular, longitud de la hoja y rendimiento por hectárea, sobresalieron los tratamientos que tuvieron el uso de quitosano y el inoculante de *Bradyrhizobium japonicum*, superando en la generalidad de los casos al resto de tratamientos.

Gamboa et al [11], indican que los biofertilizantes microbianos son una opción factible de integrarse a los sistemas de producción para disminuir el uso de

fertilizantes químicos. Se midió el efecto de la aplicación de *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzanium* y un consorcio microbiano en las características agronómicas de la planta y la calidad del fruto del chile. El experimento se realizó en condiciones de invernadero, a través de un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los resultados encontraron que la aplicación de *B. subtilis* incrementó significativamente la altura de plantas respecto al testigo, así mismo la aplicación de *B. subtilis* y *T. harzanium* aumentó el volumen de raíz. Se observó que se presentaron diferencias estadísticas en los contenidos de lípidos y proteínas en el fruto de plantas biofertilizadas con *T. harzanium*, y que en los frutos de plantas tratadas con estos dos biofertilizantes se acumulan mayores cantidades de fósforo.

Antecedentes a nivel nacional

Alarcón et al [12] llevaron a cabo una investigación con el objetivo de analizar el impacto de diferentes microorganismos eficientes autóctonos (EMA) en el cultivo de tomate, específicamente la variedad "Río Grande". El estudio se desarrolló en San Gabriel, Apurímac, empleando un diseño experimental en bloques completamente randomizados con arreglo factorial de 3 x 3 + 1 y tres repeticiones. Se evaluaron variables como la altura de planta, el área foliar, el número de tallos y flores, el peso de las raíces y el rendimiento en gramos por planta.

Los resultados mostraron que una dosis de 25 cc de EMA aplicada cada 14 días produjo los mejores resultados. Esto incluyó una mayor altura de las plantas (39 cm), un número más alto de flores (37 flores), un área foliar de 24 cm², un incremento en el número de tallos (5 por planta) y el mayor rendimiento registrado, alcanzando 1713,69 gramos por planta.

Se concluyó que el uso de biofertilizantes representa una alternativa prometedora para la nutrición del cultivo de tomate, contribuyendo a reducir el empleo de fertilizantes químicos, aumentar el rendimiento del cultivo y disminuir el impacto ambiental.

De la Cruz [13], efectuó un trabajo para evaluar la repuesta del cultivo de tomate a la inoculación con *Azotobacter chroococcum* y *Glomus* sp, bajo condiciones de campo, en Pocollay. Se utilizó un diseño de bloques completamente randomizados con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, los tratamientos empleados fueron: T4: Fertilización química; T3: *Azotobacter chroococcum* + *Glomus* sp.; T2: *Glomus* sp.; T1: *Azotobacter chroococcum* y T0: Testigo (control sin aplicación).

Los resultados obtenidos comprobaron que el mayor rendimiento de tomate, se obtuvo con el tratamiento (T3): *Azotobacter chroococcum* + *Glomus* sp, que logró 33.82 t/ha; mientras

que el tratamiento (T4), con Fertilización química obtuvo 30.94 t/ha; el menor rendimiento lo obtuvo el tratamiento (T1), *Azotobacter chroococcum* con 27.18 t/ha; mientras que el testigo (T0) solo consiguió 15.85 t/ha.

Vazallo y colaboradores [14], realizaron un estudio en Trujillo, Perú, con el objetivo de evaluar la efectividad de *Rhizobium etli* y *Trichoderma viride* en la estabilidad de las producciones hortícolas, así como en la mejora del medio ambiente y la salud humana. El experimento se llevó a cabo utilizando plántulas de *Capsicum annum* var. *longum* sembradas en un semillero con tierra estéril para reducir la carga microbiana.

Se desarrollaron tres ensayos: un grupo control tratado con 5 ml de agua destilada estéril, un grupo experimental inoculado con 5 ml de una suspensión de *R. etli* a una concentración de aproximadamente 10^8 UFC/ml y otro grupo experimental tratado con 5 ml de una suspensión de 10^8 esporas/ml de *T. viride*. Las variables agronómicas evaluadas incluyeron longitud, peso húmedo y peso seco tanto del tallo como de la raíz, consideradas como indicadores de crecimiento y desarrollo vegetal.

Los resultados mostraron que los microorganismos empleados tuvieron un efecto positivo en la estimulación del crecimiento de las plántulas de *C. annum* var. *longum*. Por ello, se sugiere que estos microorganismos podrían usarse como PGPR (rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal) y PGP (promotores de crecimiento vegetal) en este cultivo, representando una alternativa viable para disminuir la dependencia de fertilizantes químicos.

Antecedentes a nivel local

Huarcaya y Ñañajuare [15] llevaron a cabo una investigación en la zona media del valle de Ica con el propósito de evaluar cómo la co-inoculación de micorrizas y rizobacterias afecta el crecimiento, desarrollo y productividad biológica del cultivo de tomate. Los microorganismos empleados, como *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, mostraron resultados positivos tanto en co-inoculación con micorrizas como en aplicaciones individuales, destacando su capacidad para mejorar la productividad biológica del cultivo.

Los resultados obtenidos fueron comparables al rendimiento del testigo tratado con fertilización química, demostrando que la co-inoculación puede ser una alternativa viable al uso de fertilizantes nitrogenados, que suelen aplicarse en dosis elevadas, sin comprometer la producción. Entre los tratamientos evaluados, se destacó la combinación de *Trichoderma viride* y micorrizas por su efectividad.

El estudio sugiere que se debería continuar investigando la co-inoculación con otros microorganismos, para maximizar sus beneficios a través de este enfoque, especialmente

considerando que existen productos comerciales basados en microorganismos beneficiosos. Rojo y Condori [16] llevaron a cabo un estudio bajo condiciones controladas en una "casa malla" para evaluar el impacto de las PGPR (rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal) en el cultivo de tomate. Los resultados mostraron que la biofertilización produjo una respuesta positiva en la productividad biológica del tomate, con un comportamiento comparable al obtenido mediante fertilización química.

En cuanto a la altura de las plantas, todos los tratamientos con biofertilizantes y fertilización química superaron al testigo (control sin aplicación), lo cual sugiere que la biofertilización mejoró la disponibilidad de nitrógeno, elemento esencial para el crecimiento de las plantas. En relación al área foliar, relevante para la fotosíntesis, los tratamientos con *Trichoderma harzianum*, *Bacillus* y micorrizas sobresalieron incluso frente a la fertilización química y el testigo absoluto.

Respecto a la longitud del sistema radicular, se observó un efecto significativo en los tratamientos con micorrizas, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus* y también en la fertilización química, lo cual es destacable dado que las raíces desempeñan un papel fundamental en la absorción de agua y nutrientes del suelo.

Bases teóricas de la investigación

Sobre el cultivo de tomate.

De acuerdo con INFOAGRO.COM [17], el género *Lycopersicon* tiene su origen en la región andina, desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile. Sin embargo, se considera que la domesticación del tomate tuvo lugar en México, donde crecía como maleza en los huertos. Durante el siglo XVI, ya se utilizaban tomates de diversas formas, tamaños y colores (rojos y amarillos) como alimento, y estos fueron llevados a España e Italia para ser consumidos. En contraste, países europeos como Alemania emplearon el tomate en la farmacia hasta principios del siglo XIX.

Posteriormente, desde España y Portugal, el tomate se expandió hacia Oriente Medio, África y varios países asiáticos, consolidándose como un alimento ampliamente difundido.

Jano [18], reporta que el tomate tiene sus raíces en la región andina, abarcando desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile. Sin embargo, parece que fue en México donde se domesticó, posiblemente porque crecía como una maleza en los huertos. Para el siglo XVI, en México ya se consumían tomates de diversas formas, tamaños y colores, como rojo y amarillo. En esa época, el tomate había llegado a España e Italia, aunque en otros países europeos se utilizaba principalmente en farmacia, siendo este el caso en Alemania hasta principios del siglo XIX.

La expansión del tomate fue impulsada por los españoles y portugueses, quienes lo introdujeron en el Medio Oriente y África, desde donde se llevó a otros países asiáticos. Paralelamente, desde Europa el tomate llegó a Estados Unidos y Canadá, consolidando su presencia a nivel global.

Según Benton [19], la temperatura óptima para el crecimiento del cultivo de tomate varía entre 21°C y 29.5°C durante el día, y entre 18.5°C y 21°C durante la noche. Cuando las temperaturas superan los 35°C, se generan efectos adversos como la afectación en el desarrollo de los óvulos, lo que perjudica la fructificación del cultivo. Además, estas temperaturas tienen un impacto negativo en el crecimiento de la planta, especialmente en el sistema radicular, y afectan el color de los frutos. Por otro lado, las temperaturas bajas, inferiores a 10°C, retrasan la germinación de las semillas, inhiben el crecimiento vegetativo, reducen el amarre de los frutos y dificultan una maduración uniforme de los mismos.

Rosello y Porcuna [20] señalan que las temperaturas medias diurnas óptimas para el cultivo de tomate están entre 20 y 26°C. Cuando las temperaturas superan los 26°C, el cultivo no se desarrolla adecuadamente, mientras que temperaturas inferiores a 17°C afectan negativamente el cuajado de las flores.

En cuanto a las temperaturas nocturnas, estas desempeñan un papel crucial; temperaturas elevadas limitan el crecimiento vegetativo de las raíces y del tallo, haciendo que las plantas sean más precoces. Esto puede impactar negativamente en el rendimiento total, que tiende a ser menor en términos de cantidad de frutos, aunque estos sean de mayor tamaño.

Además, destacan que tanto los tomates como los pimientos requieren un alto número de horas de luz, especialmente en las primeras etapas de crecimiento y durante la floración. En general, el rendimiento del cultivo depende en gran medida de la cantidad total de horas de sol recibidas a lo largo de su ciclo de vida.

Según Yara [21], el desarrollo óptimo de los tomates ocurre en temperaturas entre 18 y 27 °C, pero temperaturas superiores a 27 °C pueden afectar la formación de flores. Con el avance de variedades modernas, los tomates ahora pueden cultivarse incluso en climas cálidos y casi tropicales. La humedad relativa ideal está entre 60 % y 80 %, mientras que estos cultivos son sensibles a la baja intensidad de luz y necesitan al menos 6 horas diarias de sol directo para formar flores.

Orna [22] destaca al tomate como una de las especies hortícolas más relevantes entre las destinadas al consumo en fresco. Este producto es especialmente apreciado por su elevado valor nutricional y por contener sustancias antioxidantes como la vitamina E, vitamina C y provitamina A. Estas, junto con el licopeno y la quercetina, pueden actuar de manera

sinérgica, potenciando sus propiedades antioxidantes y anticancerígenas, tal como ha sido reportado previamente.

En cuanto a los suelos, los tomates son adaptables a diversas condiciones siempre que haya buen drenaje y estructura. Sus raíces son fibrosas y pueden explorar el subsuelo en campo abierto, aunque la mayoría se concentra en los primeros 60 cm, con un 70 % de las raíces en los 20 cm superiores. El pH ideal del suelo está entre 6,0 y 6,5, aunque pueden crecer en rangos de pH de 5,0 a 7,5. Sin embargo, valores superiores a 6,5 podrían causar deficiencias de nutrientes como zinc, manganeso e hierro.

Según Pérez et al. [23], el tomate prefiere suelos profundos, aunque también puede adaptarse a suelos más superficiales, debido a las particularidades de su sistema radicular, siempre que no haya problemas de encharcamiento. El pH neutro es el más adecuado para su desarrollo, aunque tolera tanto la acidez como la alcalinidad dentro del rango de pH de 4 a 9, siendo el intervalo óptimo de 5.9 a 6.5 para un mejor aprovechamiento de los fertilizantes. El contenido ideal de caliza para el cultivo se encuentra entre el 2% y el 5%, y la materia orgánica debe estar entre 1.5% y 2%. La salinidad del suelo tiene un impacto significativo en la productividad y las características de los frutos, siendo el rango óptimo entre 0.75 y 2 mmho/cm².

Sobre microorganismos del suelo

Ayan et al. [24] exploraron las interacciones biológicas entre microorganismos del suelo y su prometedor potencial biotecnológico en la agricultura, especialmente en el contexto del cambio climático. El empleo de microorganismos benéficos surge como una solución para promover sistemas agrícolas más sostenibles y menguar los daños causados por productos químicos y fertilizantes. Estos microorganismos no trabajan de forma aislada; sus variadas interacciones promueven el equilibrio ecológico y el funcionamiento óptimo del suelo. Sus acciones en los sistemas agrícolas están armonizadas tanto por factores abióticos como bióticos, lo que ha llevado a desarrollar una buena capacidad de adaptación. Esta particularidad es esencial para el diseño de estrategias que debiliten los impactos negativos del cambio climático. Está comprobado, además, que la inoculación con estos microorganismos mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas, aprovecha fuentes renovables e incrementa la movilización de nutrientes poco aprovechables, como el fósforo (P).

Aguirre [25] señala que los biofertilizantes basados en microorganismos contienen uno o varios componentes que se aplican al suelo o a las semillas con el objetivo de incrementar la población microbiana y establecer asociaciones directas o indirectas

con las raíces de las plantas. Estas interacciones benefician el crecimiento y desarrollo vegetal.

Entre los principales componentes microbianos destacan las bacterias fijadoras de nitrógeno, como *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*, junto con los hongos micorrízicos, que facilitan el transporte de fósforo, otros minerales y agua. Además, se emplean otras bacterias como *Frankia*, *Bacillus*, *Azotobacter*, *Anabaena* y *Pseudomonas*, las cuales también se utilizan como biofertilizantes por sus beneficios.

Noriega [26] señala que los microorganismos utilizados en la agricultura desempeñan roles cruciales en las plantas, estableciendo asociaciones que contribuyen significativamente a mejorar su crecimiento y desarrollo. Además, estos microorganismos protegen a las plantas de organismos patógenos presentes en el suelo. En términos ecológicos, esta interacción protectora entre las bacterias y las plantas se denomina “mutualismo”.

El empleo a gran escala de microorganismos benéficos como biofertilizantes promete beneficios sustanciales en los sistemas de producción agrícola, ya que son más económicos en comparación con los fertilizantes químicos. Aunque sus efectos positivos en los cultivos son equiparables a los de los fertilizantes de síntesis química, los biofertilizantes tienen la ventaja de no generar impactos ecológicos perjudiciales ni afectar la salud humana.

Hinsinger et al [27] explican que las interacciones entre los microorganismos y las plantas ocurren principalmente en tres zonas: la filosfera, la endosfera y la rizosfera. La filosfera se relaciona directamente con las partes aéreas de la planta, como el tallo, las hojas, las flores y los frutos, mientras que la endosfera está asociada con los procesos internos de transporte que realiza la planta.

Por otro lado, la rizosfera se refiere a la región del suelo que está en estrecho contacto con las raíces o relacionada con este órgano. Generalmente, se encuentra muy cerca de la superficie de las raíces, aunque su extensión varía dependiendo de las condiciones ambientales y las exudaciones liberadas por las raíces. Esta zona es especialmente rica en microorganismos como bacterias, hongos, protozoos y levaduras, superando incluso la densidad microbiana del resto de la planta.

Además, se señala que las interacciones entre los microorganismos y la rizosfera pueden tener efectos positivos, negativos o neutros en las plantas, y que estos impactos dependen de las características y condiciones del suelo.

Gonzales y Ferrera [28], explican que la rizosfera, ubicada en la región del suelo alrededor de las raíces, constituye un complejo sistema ecológico influenciado por estas. En este entorno, los microorganismos, especialmente hongos y bacterias, llevan a cabo actividades microbióticas, interactuando de manera dinámica con minerales, gases, líquidos y materia orgánica, lo que define la complejidad de la rizosfera.

De acuerdo con el sustrato en el que sobreviven, estos microorganismos se agrupan en dos categorías principales: 1) aquellos que fijan nitrógeno y mineralizan restos orgánicos, y 2) los que actúan como antagonistas frente a organismos patógenos.

Sánchez-Yáñez [29], señala que, aunque *Rhizobium* es un microorganismo común en los suelos agrícolas, su población a menudo no es suficiente para establecer una relación beneficiosa con las leguminosas. Además, en casos donde los rhizobios nativos no fijan cantidades adecuadas de N_2 , resulta necesario inocular las semillas al momento de la siembra para garantizar una fijación biológica eficiente de este elemento.

La aplicación de *Rhizobium* infectivo (con capacidad de nodulación) y efectivo (eficiente en la fijación de N_2) en leguminosas requiere evaluar si la inoculación es necesaria. Lo ideal es seleccionar cepas de *Rhizobium* que sean altamente infectivas y efectivas, para reducir al máximo el uso de fertilizantes nitrogenados sin comprometer el rendimiento de las leguminosas.

Jiménez et al [30], destacan que los microorganismos beneficiosos para las plantas poseen un gran potencial para ser utilizados como agentes de biocontrol y biofertilizantes. Estos se agrupan en tres categorías principales: (a) microorganismos fijadores de nitrógeno, (b) hongos micorrízicos y (c) bacterias promotoras del crecimiento vegetal.

Vessey [31], revelan que, los que se precisan como una sustancia que contiene microorganismos vivos, después de aplicarlos a la superficie de la planta, a la semilla, o al suelo, colonizan la rizosfera y originan el crecimiento vegetal porque incrementan la disponibilidad y absorción de nutrientes, como también protegen la sanidad del vegetal hospedero

Reyes y colaboradores [32], destacan que, en la actualidad, los biofertilizantes se consideran una parte esencial del manejo integrado de la nutrición vegetal. Se definen como sustancias que contienen microorganismos vivos, los cuales, al ser aplicados a las semillas, superficies de las plantas o al suelo, colonizan la rizosfera o el interior de la planta. Estas colonizaciones promueven el crecimiento vegetal mediante el aumento en la disponibilidad de nutrientes y mejoran la sanidad de la planta hospedera.

Rojas [33], señala que las bacterias son los microorganismos más abundantes en el suelo, formando poblaciones superiores a 10^9 unidades formadoras de colonias (ufc) por gramo de suelo seco. Muchas de estas bacterias tienen la capacidad de estimular el crecimiento radicular, lo que resalta la importancia de estudiar las relaciones que establecen, especialmente con las plantas cultivadas. Aquellas bacterias presentes en la rizósfera, que colonizan las raíces, son conocidas como rizobacterias.

Shankar Singh et al., [34], señalan que la creciente conciencia sobre los problemas medioambientales, como la contaminación de las napas y la salinización de aguas y suelos, vinculados a la agricultura convencional, ha impulsado la necesidad de implementar métodos de cultivo más sostenibles y con menor impacto ambiental. En este contexto, se han introducido diversos fertilizantes orgánicos que, además de ser respetuosos con el entorno, actúan como estimulantes del crecimiento y desarrollo vegetal. Entre ellos destacan productos basados en bacterias rizoféricas promotoras del crecimiento vegetal (PGPR).

Sánchez et al [9], señala que el uso de microorganismos promotores del crecimiento vegetal permite reducir los costos de producción, ya que al complementar con fertilización bacteriana es posible disminuir a la mitad la dosis de fertilizantes químicos sin afectar los resultados productivos. En este sentido, la inoculación con estos microorganismos se presenta como una opción sostenible y segura para fertilizar cultivos hortícolas, evitando los impactos económicos y ambientales asociados al uso intensivo de fertilizantes químicos convencionales.

De acuerdo con Santiago et al. [35], las bacterias del género *Rhizobium*, conocidas también como bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN), tienen la capacidad de capturar el nitrógeno directamente del aire y transformarlo en compuestos que se integran al suelo, incrementando así la disponibilidad de minerales para las plantas. Entre las BFN más relevantes se destacan las *Bradyrhizobium japonicum*, que facilitan la formación de nódulos esenciales en las raíces de las plantas, lo que les permite aprovechar el nitrógeno atmosférico de manera eficiente.

Chen et al. [36], mencionan que algunos microorganismos incrementan la disponibilidad de fósforo para las plantas mediante la mineralización del fósforo orgánico en el suelo y la solubilización de fosfatos. Este grupo de rizobacterias, que pertenecen a las bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV), incluye géneros como *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Erwinia*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter* y *Flavobacterium*, entre otros. El mecanismo más común para la solubilización de fosfatos minerales es la producción de ácidos orgánicos, mientras que el fosfato orgánico es mineralizado por las enzimas fosfatasas. De este modo, el fósforo se vuelve disponible en el suelo y es finalmente absorbido por las plantas para su crecimiento.

Marco conceptual

Cepa: conjunto de especies bacterianas que comparten, al menos, una característica. WIKIPEDIA [37]

Fijación biológica de nitrógeno: Proceso clave en la biosfera por el cual microorganismos portadores de la enzima nitrogenasa convierten el nitrógeno gaseoso en nitrógeno combinado. López [38]

Micorriza: de origen griego, defínela simbiosis entre un hongo (mycos) y las raíces (rhizos). Como en muchas relaciones simbióticas, ambos participantes obtienen beneficios. WIKIPEDIA [37]

Productividad biológica: También denominada como PRIMARIA o BIOMASA, corresponde a la cantidad de Materia Orgánica (BIOMASA), se mide por el peso seco total y la que acumula por unidad de superficie, es consecuencia directa del proceso fotosintético, por la disponibilidad de energía. Cornejo [39]

Productos biológicos: Uso comercial de microorganismos en el control biológico de plantas. Mont [40]

Rizobacterias: son sustancias que contienen microorganismos vivos que al aplicarse a las semillas, superficie de las plantas o al suelo, colonizan la rizósfera o el interior de los tejidos de la planta (micorrizas y bacterias noduladoras) y promueven su crecimiento aumentando la disponibilidad de los nutrientes y la sanidad de la planta hospedera. Vessey [31]

Rhizobium: son bacterias Gram negativas y aerobias obligadas que pertenecen a la familia Rhizobiaceae. Entre ellos se encuentran los géneros Rhizobium, Bradyrhizobium y Azorhizobium. Méndez [41]

1.3 Justificación e importancia de la investigación

1.3.1 Justificación

Robles [42] menciona que el tomate es una de las hortalizas más esenciales para el consumo humano, dado su protagonismo en el arte culinario. Su utilización abarca desde el consumo fresco, en la preparación de diversos platos, hasta su procesamiento como conserva y en enlatados, destinados tanto al mercado interno como a la exportación.

Desde la década de los 90, el valle de Ica se ha consolidado como un productor clave de esta hortaliza, gracias a sus condiciones climáticas favorables, que permiten el cultivo durante todo el año, y la abundante disponibilidad de mano de obra, fundamental en las etapas de producción e industrialización.

Sin embargo, los agricultores enfrentan limitaciones debido al desconocimiento de los problemas derivados de la sobreexplotación del suelo. Esto resalta la necesidad de realizar investigaciones que proporcionen herramientas útiles para superar estas dificultades y mejorar la sostenibilidad del cultivo.

1.3.2 Importancia

Gagne et al [43] destacan que en los estudios sobre las interacciones entre las plantas y los microorganismos promotores del desarrollo vegetal (PGPR), el sistema radicular desempeña un papel esencial al ser el primer órgano colonizado.

Esta colonización favorece el crecimiento radicular y mejora la capacidad de absorción de nutrientes, lo que convierte a estos microorganismos en herramientas prácticas para aumentar los rendimientos de los cultivos, gracias a las actividades biológicas y fisiológicas que llevan a cabo.

La presencia de microorganismos asociados al sistema radicular de las plantas está estrechamente vinculada al manejo sostenible en la agricultura. Estas acciones positivas, ampliamente estudiadas y conocidas, tienen lugar en la rizosfera, donde se estimula la absorción de nutrientes, se controla la presencia de patógenos y se mejora la calidad estructural de las plantas. Por tanto, se hace indispensable y urgente desarrollar este tipo de trabajos, los cuales deben ser corroborados en campo de agricultores, que permita determinar su viabilidad, teniendo en consideración en primer lugar a cultivos alimenticios que se cultivan preferentemente a nivel del pequeño y mediano productor.

1.4 Hipótesis y variables

1.4.1 Hipótesis de la investigación

Hipótesis general

Las aplicaciones al suelo de un acondicionador y bioestimulantes microbianos impactarán favorablemente en la productividad biológica y características agronómicas del cultivo de tomate.

Hipótesis específicas

- Las aplicaciones al suelo de un acondicionador y bioestimulantes microbianos impactarán favorablemente en la productividad biológica del cultivo de tomate.
- Las aplicaciones al suelo de un acondicionador y bioestimulantes microbianos impactarán favorablemente en las características agronómicas del cultivo de tomate.

1.4.2 Variables de la investigación

Identificación de las variables

Variables Independientes (X)

X1 = Acondicionador orgánico del suelo (Aximass)

X2 = *Bacillus* sp.

X3 = Fertilización química (N, P, K)

X4 = *Bradyrhizobium* sp

Variables Dependientes (Y)

Y1 = Productividad biológica del tomate

Y2 = Características morfo agronómicas del tomate

Variables Intervinientes (Z)

Z1 = condiciones edafo climáticas

Z2 = condiciones fitosanitarias

Z3 = recurso hídrico

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivos generales

Determinar el efecto del acondicionador orgánico del suelo y los estimulantes microbianos, sobre la productividad biológica del tomate y sus características morfoagronómicas, bajo condiciones de “casa malla” en Ica

1.5.2 Objetivos específicos

- Establecer el efecto del acondicionador orgánico del suelo y los estimulantes microbianos, en la productividad biológica del tomate, bajo condiciones de “casa malla” en Ica
- Comprobar el efecto del acondicionador orgánico del suelo y los estimulantes microbianos, en las características morfo agronómicas del tomate, bajo condiciones de “casa malla” en Ica

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1 UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El Proyecto se desarrolló en la “casa malla” perteneciente a la asignatura de Fisiología Vegetal, ubicada en el Fundo Arrabales, propiedad de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, en el distrito de Subtanjalla, provincia y departamento de Ica, siendo las coordenadas UTM 419474.4652 E 8448986.072 N.

2.2 ANALISIS DE SUELO

Para la obtención de la información del suelo del campo experimental, se obtuvo 5 submuestras del sustrato utilizado en las macetas, que consistió de la tierra agrícola obtenida del lote N° 4; la muestra tomada y enviada al laboratorio fue de aproximadamente 2 kg, previamente homogenizada.

TABLA 1
ANÁLISIS FÍSICO-MECÁNICO

Determinaciones	Suelo 0.0-0.30 m	Métodos
Arena (%)	43.7	Bouyoucos
Arcilla (%)	16.7	Bouyoucos
Limo (%)	39.6	Bouyoucos
Textura	Franco	Triangulo textural

Nota: Resultados emitidos por Laboratorio agrícola ESAR

TABLA 2
ANÁLISIS QUÍMICO

Parámetros	Unidades	Determinación	Interpretación
pH	Unidad pH	7.69	Lig. Alcalino
Conductividad eléctrica	dS/m	1.05	No salino
Carbonato de calcio	%	0.71	Bajo
Materia orgánica	%	2.07	Medio
Nitrógeno total	%	0.12	Medio
Fosforo disponible	ppm	6.18	Bajo
C I C	meq/100 g	13.51	Medio

Nota: Resultados emitidos por Laboratorio agrícola ESAR

2.3 OBSERVACIONES METEOROLOGICAS.

Se solicitó la información correspondiente al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Ica (SENAMHI – Ica), Estación MAP San Camilo, de los meses en que se desarrolló el experimento en su fase de campo y cuyos valores se presentan en la tabla 3.

TABLA 3

OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS DE NOVIEMBRE 2023 A ABRIL DEL 2024

Meses	Temperatura °C			Horas de sol	Horas de sol	Humedad relativa
	Máxima	Media	Mínima	diarias	mensual	%
	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}			
Noviembre	31.4	23.1	14.8	8,22	246.7	66.9
Diciembre	32.4	24.4	16.4	7,86	243.6	65.2
Enero	33.8	26.3	18.7	6,55	202.9	64.9
Febrero	34.7	27.3	19.8	6,73	188.4	63.9
Marzo	34.6	26.9	19.2	6,68	207.2	67.4
Abril	32.1	24.7	17.2	7,51	225.4	72.5

Nota: Información brindada por Estación Meteorológica MAP-SAN CAMILO - SENAMHI - ICA.
 Latitud : 14° 04' 23.7" S
 Longitud : 75° 42' 39.5" W
 Altitud : 419 msnm

2.4 TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Los tratamientos consistieron en un acondicionador orgánico del suelo (Aximass) y dos bioestimulantes microbianos (*Bacillus* sp y *Bradyrhizobium* sp), más un testigo con fertilización química (N, P, K) y un testigo absoluto que se conformaron de la siguiente manera:

TABLA 4

TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Clave	Tratamientos	DOSIS/ha
1	Testigo fertilización NPK	200-120-150
2	Acondicionador	12 l/ha
3	Acondicionador + <i>Bacillus</i> sp	12 l/há + 50 ml/ha
4	<i>Bacillus</i> sp	50 ml/ha
5	Acondicionador + <i>Bradyrhizobium</i> sp	12 l/há + 50 ml
6	<i>Bradyrhizobium</i> sp	50 ml
7	Testigo absoluto	Sin aplicación

2.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El Diseño Experimental utilizado fue el de Bloques Completamente Aleatorizados (DBCA), con siete tratamientos, en 4 repeticiones, con un total de 28 parcelas experimentales.

El modelo aditivo lineal del diseño experimental utilizado es:

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

Donde:

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

μ = Parámetro, efecto medio

T_i = Parámetro, efecto del tratamiento i

β_j = Parámetro, efecto del bloque j

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

2.6 METODOLOGÍA DESARROLLADA

El experimento se llevó en macetas, en condiciones de “casa malla”; primeramente, se preparó convenientemente el sustrato que radicó en tierra agrícola del lote 4 del fundo “Arrabales”, dicha tierra se puso en macetas con un peso aproximado de 8 kg/maceta.

A primeras horas de la mañana del día 29 de noviembre del 2023, se procedió al trasplante de los “plantines”, dándosele un riego inmediato; a los 3 días de la instalación de los plantines se efectuó el primer riego post trasplante (01-12-2023).

La fertilización química se llevó a cabo el 06 de diciembre del 2023, para lo cual previamente se calculó, las cantidades a aplicar por maceta, considerando una dosis aproximada de 200-120-150 de N, P₂O₅ y K₂O, las cantidades correspondientes a cada dosis fueron diluidas en vasitos descartables para su posterior aplicación.

El acondicionador se aplicó en tres oportunidades, la primera en conjunto con la fertilización química, las otras dos aplicaciones se efectuaron al inicio de la floración (05-01-24) y a la fructificación (24-01-24), en todos los casos los productos fueron diluidos en vasos descartables debidamente identificados.

Posteriormente a los 15 días de su establecimiento (1-12-24) y cuando el tomate se encontraba en plena formación de sus nuevas raíces, se procedió a aplicar los bioestimulantes microbianos (*Bacillus* sp y *Bradyrhizobium* sp), en las dosis propuestas en el proyecto. Todos los tratamientos se aplicaron diluidos en agua.

2.7 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

- Área de “Casa Malla”	40.00 m ²
- Largo	8.00 m

- Ancho 5.00 m
- Area de la parcela (Área de maceta) 0.031 m²
- Área total de macetas 1.55 m²
- Número de repeticiones 4
- Número de parcelas/repeticion 07
- Número de plantas por parcela 5

2.8 CROQUIS EXPERIMENTAL

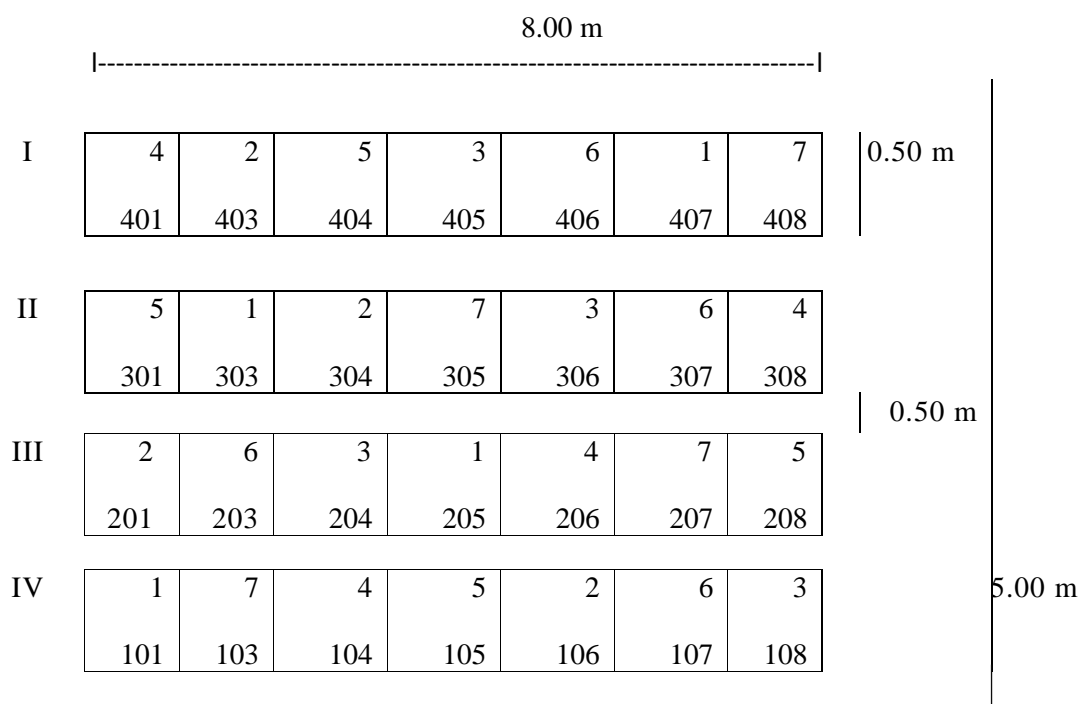


Fig. 1 Croquis experimental

2.9 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

2.9.1 Preparación del terreno

El 17 de noviembre de 2023 se dio inicio a la actividad, que consistió en llenar las macetas con el sustrato seleccionado, limpiando correctamente el suelo y dejándolo preparado para el proceso de compactación. Esta tarea se completó el 21 de noviembre, aplicando suficiente agua para asegurar que el perfil del suelo en cada maceta quedara completamente mojado.

2.9.2 Demarcación del terreno experimental

Utilizando el croquis experimental como referencia, se procedió a demarcar el campo experimental dentro de la “Casa Malla”, utilizando una wincha para este propósito. Además, se llevó a cabo la codificación de las macetas según los tratamientos asignados.

Esta tarea se realizó justo después de la preparación del suelo experimental, prestando especial atención a la aleatorización de los tratamientos, en cada bloque experimental.

2.9.3 Trasplante

El 29 de noviembre se realizó el plantío, utilizando el híbrido de tomate HEINZ-1991 como material vegetal. Se colocaron 5 plantines por maceta, distribuidos de manera equidistante, posteriormente se aplicó un riego para asegurar la correcta adherencia de los plantines al suelo experimental.

El material vegetal fue proporcionado por la empresa ICATOM S.A.

2.9.4 Tutorado

La plantación se condujo a cinco tallos por maceta, los cuales fueron tutorados de manera tecnificada con el objetivo de mejorar la aireación general de la planta y favorecer el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales.

2.9.5 Deshierbos

Se realizaron cuatro deshierbos de forma manual, eliminando las malezas tan pronto como aparecían para prevenir la competencia en el reducido espacio donde crecían las plantas del cultivo de tomate. El primer deshierbo se efectuó el 03/01/2024 (36 ddt), el segundo el 26/01/2024 (59 ddt), el tercero el 17/02/2024 (81 ddt) y el último el 28/02/2024 (92 ddt).

Las malezas más comunes que fueron posible de identificar debido a que estas eran eliminadas en sus primeros estadios de crecimiento fueron: *Portulaca oleracea* (verdolaga) y *Datura stramonium* (chamico).

2.9.6 Riegos

Los riegos se manejaron de acuerdo al requerimiento del cultivo, en función a sus períodos de crecimiento y desarrollo, considerando conservar la humedad adecuada para un crecimiento uniforme.

El riego fue localizado, con una periodicidad de dos veces por semana al inicio de desarrollo del cultivo, incrementándose posteriormente la cantidad de agua de acuerdo al crecimiento del cultivo.

En total por maceta se aplicó aproximadamente 20.900 litros, suspendiéndose esta labor dos semanas antes de la cosecha, lo que se puede visualizar en la tabla 6.

2.9.7 Manejo fitosanitario

Por la modalidad de conducción los problemas sanitarios, fueron mínimos, sin embargo, la aparición de dos plagas en nivel de daño económico, como fueron

la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y el minador del tomate (*Liriomyza bryoniae*), hizo necesario aplicar el método del control químico. La primera aplicación se realizó el 27 de diciembre del 2023 contra las dos plagas anteriormente mencionadas, aplicándose abamectin benzoato y methomil (Producto comercial Iannate); así mismo el día 10 de enero del 2024 se efectuó una segunda aplicación con la mezcla de ambos productos, para lo cual en una cantidad de 4 litros de agua se aplicó 4 ml de cada producto químico. Para complementar el control de estas dos plagas el 09 de enero del 2024, se instalaron trampas amarillas, distribuidas adecuadamente en la “casa malla”.

TABLA 5
CRONOGRAMA DE RIEGOS

Riego (N°)	Fecha de aplicación	Edad del cultivo DDS	Volumen Aplicado (litros)	Procedencia del Agua
	24-11-2023	---	0.700	Subterránea
1	1-12-2023	3	0.700	Subterránea
2	3-12-2023	5	0.700	Subterránea
3	6-12-2023	8	0.700	Subterránea
4	10-12-2023	12	0.700	Subterránea
5	15-12-2023	17	0.700	Subterránea
6	21-12-2023	23	0.700	Subterránea
7	28-12-2023	30	1.00	Subterránea
8	7-01-2024	40	1.00	Subterránea
9	13-01-2024	46	1.00	Subterránea
10	19-01-2024	52	1.00	Subterránea
11	24-01-2024	57	1.00	Subterránea
12	28-01-2024	61	1.00	Subterránea
13	05-02-2024	69	1.00	Subterránea
14	09-02-2024	73	1.00	Subterránea
15	15-02-2024	79	1.00	Subterránea
16	18-02-2024	82	1.00	Subterránea
17	22-02-2024	86	1.00	Subterránea
18	01-03-2024	93	1.00	Subterránea
19	06-03-2024	98	1.00	Subterránea
20	10-03-2024	102	1.00	Subterránea
21	14-03-2024	106	1.00	Subterránea
22	18-03-2024	110	1.00	Subterránea
TOTAL			20.900	

2.9.8 Cosecha

La cosecha se realizó el 2 de abril del 2024, a los 125 ddt; consistió en la extracción total de la planta, incluyendo la parte aérea y radicular y recolección de los frutos presentes en cada parcela experimental (Maceta), con la finalidad de efectuar los cálculos propuestos en el proyecto, mediante la obtención del peso seco total por planta.

2.10 CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron:

Productividad biológica (g)

Se obtuvo del peso seco de toda la planta, la que se colocó a estufa a 70°C, hasta que alcanzó un peso constante.

Altura de planta (cm)

La medición se efectuó previo a la cosecha de plantas, cuando estas llegaron a la madurez fisiológica, midiendo desde el cuello de la planta, hasta el ápice superior de cada una, en las dos plantas seleccionadas en cada unidad experimental, luego se obtuvo el promedio aritmético por planta.

Diámetro del tallo (mm)

Al inicio de la fructificación, se tomó el diámetro del tallo a la altura del segundo nudo del tallo para lo cual se utilizó un vernier.

Número de hojas verdaderas (N°)

En la misma oportunidad que la evaluación anterior se contó el número de hojas verdaderas, de dos plantas de cada tratamiento tomadas al azar, y luego se obtuvo el promedio aritmético por planta.

Esta característica se utilizó para obtener el área foliar.

Área foliar (cm²)

Para el cálculo de esta característica se midió el largo y ancho, de tres hojas ubicadas en la parte baja, media y alta de tres plantas de tomate y se le aplicó la ecuación:

$$AF = 0.34 \times (L \times A) - 9.31$$

Donde:

AF = Área foliar

A = Ancho máximo de la hoja

L = Largo de la hoja

Luego se procedió a obtener el área de las tres hojas y se multiplico por el número de hojas verdaderas de cada planta, previamente contabilizadas, para luego proceder a hallar el área foliar por planta

Largo de raíces (cm)

Se calcularon en dos plantas por cada unidad experimental, midiendo desde el cuello del tallo de la planta, hasta el ápice de la raíz de mayor tamaño; esta evaluación se realizó en la misma oportunidad que la altura de planta, para lo cual se extrajeron las plantas con sumo cuidado para obtener la información requerida.

Peso seco de parte aérea y raíz (g)

Esta estimación se confirmó a la cosecha de las plantas cuando estas habían alcanzado su madurez fisiológica, se colocaron a estufa (70°C), hasta obtener el peso sea constante, luego se procedió a obtener el promedio aritmético por planta.

III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados e interpretación de las evaluaciones del Efecto de un acondicionador del suelo y bioestimulantes microbianos en la productividad biológica y otras características del tomate (*Solanum lycopersicum* M.), bajo condiciones de “casa malla” en Ica los mismos que pasaremos a interpretar.

PRODUCTIVIDAD BIOLÓGICA DEL TOMATE

En el análisis de varianza realizado para la productividad biológica del tomate, que se presenta en la Tabla 6, solo se reveló diferencias altamente significativas para tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 19.92%.

TABLA 6

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LA PRODUCTIVIDAD BIOLÓGICA DEL TOMATE POR EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DE SUELO Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS EN ICA

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	F.t		NIVEL SIG.
					0.05	0.01	
Repeticiones	3	171,1157	57,0386	1,75	3,16	5.09	NS
Tratamientos	6	2099,0343	349,8390	10,73	2.66	4.01	**
Error Experimental	18	586,8943	32,6052	----	----	----	----
Total	27	2857,0443	----	----	----	----	----
C.V (%)	19.92						
Promedio General	28.26 g						

Nota: **- Diferencias altamente significativas con 99% de confiabilidad

TABLA 7

PRUEBA DE DUNCAN DE LA PRODUCTIVIDAD BIOLÓGICA DEL TOMATE POR EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DE SUELO Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS EN ICA

CLAVE	TRATAMIENTO	Productividad Biológica g	DUNCAN α 0.05	O.M
1	Testigo fertilización NPK	45,45	a	1ro
3	Acondicionador + <i>Bacillus</i> sp	36,95	a b	1ro
5	Acondicionador + <i>Bradyrhizobium</i> sp	28,63	b c	2do
4	<i>Bacillus</i> sp	24,50	c d	3ro
2	Acondicionador	23,88	c d	3ro
6	<i>Bradyrhizobium</i> sp	22,18	c d	3ro
7	Testigo (Sin aplicación)	19,08	d	4to

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

En la tabla 7 se alcanza a notar que ratificando el análisis de variancia se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos para esta importante característica, se observa que dos de los

tratamientos presentaron una productividad biológica por parcela similar ubicándose en el primer lugar, correspondiendo al tratamiento con clave 1 (Fertilización NPK) que obtuvo 45.45g/pta y el tratamiento con clave 3 (Acondicionador + *Bacillus* sp), con 36.95 g/pta.; en el segundo lugar se ubicó el tratamiento con clave 5 (Acondicionador + *Bradyrhizobium* sp), con 28.63 g/pta, en el tercer se ubicaron 3 tratamientos, de la clave 4 (*Bacillus* sp), a la clave 6 (*Bradyrhizobium* sp), con 24.50 y 22.18 g/pta, respectivamente, mientras que el cuarto y último lugar se ubicó el tratamiento con clave 7 (Testigo absoluto), que solo obtuvo 19.08 g/pta.

ALTURA DE PLANTA

En el análisis de varianza realizado para la altura de planta que se presenta en la Tabla 8, no se encontró diferencias estadísticas para tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 11.09%.

TABLA 8
ANALISIS DE VARIANCA DE LA ALTURA DE PLANTA DEL TOMATE POR EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DE SUELO Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS EN ICA

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	F.t		NIVEL SIG.
					0.05	0.01	
Repeticiones	3	661,077	220,359	3,04	3,16	5.09	NS
Tratamientos	6	944,560	157,427	2,17	2.66	4.01	NS
Error Experimental	18	1305,183	72,510	----	----	----	----
Total	27	2910,820	----	----	----	----	----
C.V (%)	11,09						
Promedio General	76,80 cm						

TABLA 9
PRUEBA DE DUNCAN DE LA ALTURA DE PLANTA DEL TOMATE POR EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DE SUELO Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS EN ICA

CLAVE	TRATAMIENTO	Altura de planta cm	DUNCAN α 0.05	O.M
1	Testigo fertilización NPK	86,68	a	1ro
5	Acondicionador + <i>Bradyrhizobium</i> sp	81,08	b	2do
6	<i>Bradyrhizobium</i> sp	79,00	b c	2do
2	Acondicionador	77,48	b c	2do
3	Acondicionador + <i>Bacillus</i> sp	73,05	b c	2do
4	<i>Bacillus</i> sp	72,70	b c	2do
7	Testigo (Sin aplicación)	67,63	c	3ro

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

En la tabla 9 se puede advertir que a pesar que el análisis de variancia no determino diferencias estadísticas entre los tratamientos, sin embargo la prueba de Duncan por ser más exigente si

encontró diferencias por efecto de los tratamientos aplicados, observándose que el tratamiento con clave 1 (Testigo fertilización NPK), se ubicó en el primer lugar, con 86.68 cm de altura de panta, ubicándose en el segundo lugar 5 tratamientos, de la clave 5 (Acondicionador + *Bradyrhizobium* sp), con 81.08 cm a la clave 4 (*Bacillus* sp) que obtuvo 72.70 cm de altura de planta, mientras que en el tercer lugar fue para la clave 7 (Testigo absoluto), con solo 67.63 cm de altura de planta.

DIAMETRO DEL TALLO

En el análisis de varianza realizado para el diámetro del tallo que se presenta en la Tabla 10, se reveló diferencias significativas para repeticiones y diferencias altamente significativas para tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 17.65%.

TABLA 10

ANALISIS DE VARIANCIA DEL DIAMETRO DEL TALLO DEL TOMATE POR EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DE SUELO Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS EN ICA							
F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	F.t		NIVEL SIG.
					0.05	0.01	
Repeticiones	3	3,390	1,130	4,00	3,16	5.09	*
Tratamientos	6	11,694	1,949	6,90	2.66	4.01	**
Error Experimental	18	5,083	0,282	----	----	----	----
Total	27	20,167	----	----	----	----	----
C.V (%)	17.65						
Promedio General	3.011 mm						

Nota: * - Diferencias significativas con 95% de confiabilidad

** - Diferencias altamente significativas con 99% de confiabilidad

TABLA 11

PRUEBA DE DUNCAN DEL DIAMETRO DEL TALLO DEL TOMATE POR EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DE SUELO Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS EN ICA				
CLAVE	TRATAMIENTO	Diámetro tallo mm	DUNCAN α 0.05	O.M
1	Testigo fertilización NPK	4,25	a	1ro
3	Acondicionador + <i>Bacillus</i> sp	3,58	a b	1ro
4	<i>Bacillus</i> sp	3,13	b c	2do
5	Acondicionador + <i>Bradyrhizobium</i> sp	2,75	b c d	2do
6	<i>Bradyrhizobium</i> sp	2,63	c d	3ro
7	Testigo (Sin aplicación)	2,50	c d	3ro
2	Acondicionador	2,25	d	4to

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

En la tabla 11 se puede observar que el análisis de variancia estableció diferencias estadísticas entre los tratamientos, lo que se confirman con los resultados obtenidos en la prueba de Duncan, se observa que dos tratamientos presentaron un diámetro de tallo similar, ubicándose en el primer lugar y fueron el tratamiento con clave 1 (Testigo fertilización NPK), que obtuvo 4.25 mm y el tratamiento con clave 3 (Acondicionador + *Bacillus* sp), con 3.58 mm de diámetro del tallo; en el segundo lugar se ubicaron los tratamientos con clave 4 (*Bacillus* sp) y 5 (Acondicionador + *Bradyrhizobium* sp), que obtuvieron 3.13 y 2.75 mm de diámetro del tallo.

En el tercer lugar se ubicaron los tratamientos con clave 6 (*Bradyrhizobium* sp) con 2.63 mm y la clave 7 (Testigo absoluto) con 2.50 mm, mientras que en el cuarto y último lugar estuvo la clave 2 (Acondicionador), con 2.25 mm de diámetro del tallo.

ÁREA FOLIAR

En el análisis de varianza realizado para el área foliar por planta que se presenta en la Tabla 12, se detectó diferencias altamente significativas para la fuente de variación tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 21.71%.

TABLA 12
ANÁLISIS DE VARIANCIAS DEL ÁREA FOLIAR DEL TOMATE POR EFECTO DE UN
ACONDICIONADOR DE SUELO Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS EN ICA

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	F.t		NIVEL SIG.
					0.05	0.01	
Repeticiones	3	58443,16	19481,05	0,69	3,16	5.09	NS
Tratamientos	6	2608186,20	434697,70	15,30	2.66	4.01	**
Error Experimental	18	511490,66	28416,15	----	----	----	----
Total	27	3178120,02	----	----	----	----	----
C.V (%)	21.71						
Promedio General	776 cm ²						

Nota: ** - Diferencias altamente significativas con 99% de confiabilidad

En la tabla 13 es posible visualizar que el ANVA estableció diferencias estadísticas entre los tratamientos, los que se ratifican con los resultados alcanzados en la prueba de Duncan, se observa que el primer lugar para esta característica, es para el tratamiento con clave 1 (Testigo fertilización NPK), que obtuvo 1420 cm² de área foliar/plta, mientras que en segundo lugar se ubican 3 tratamientos, de la clave 5 (Acondicionador + *Bradyrhizobium* sp), con 928 cm², a la clave 4 (*Bacillus* sp), con 690 cm² de área foliar/planta.

En el tercer lugar se ubicó el tratamiento con clave 2 (Acondicionador) con 622 cm², mientras que en el cuarto y último lugar estuvo la clave 6 (*Bradyrhizobium* sp) y la clave 7 (Testigo absoluto), con 488 y 463 cm² de área foliar/planta, respectivamente.

TABLA 13

PRUEBA DE DUNCAN DEL ÁREA FOLIAR POR PLANTA DEL TOMATE POR EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DE SUELO Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS EN ICA

CLAVE	TRATAMIENTO	AF/PTA Cm ²	DUNCAN α 0.05	O.M
1	Testigo fertilización NPK	1420	a	1ro
5	Acondicionador + <i>Bradyrhizobium</i> sp	928	b	2do
3	Acondicionador + <i>Bacillus</i> sp	825	b c	2do
4	<i>Bacillus</i> sp	690	b c d	2do
2	Acondicionador	622	c d	3ro
6	<i>Bradyrhizobium</i> sp	488	d	4to
7	Testigo sin aplicación	463	d	4to

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

LONGITUD DE RAICES

En la tabla 14, del análisis de varianza para este rasgo, se observa que existen diferencias significativas para tratamientos, siendo el coeficiente de variabilidad de 14.20%.

TABLA 14

ANALISIS DE VARIANCIA DE LA LONGITUD DE RAICES DEL TOMATE POR EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DE SUELO Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS EN ICA

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	F.t		NIVEL SIG.
					0.05	0.01	
Repeticiones	3	136,252	45,417	2,61	3,16	5.09	NS
Tratamientos	6	328,569	54,761	3,15	2.66	4.01	*
Error Experimental	18	313,220	17,401	----	----	----	----
Total	27	778,041	----	----	----	----	----
C.V (%)	14.20						
Promedio General	29.37 cm						

Nota: * - Diferencias significativas con 95% de confiabilidad

En esta prueba estadística de la longitud de raíces (tabla 15), se encontraron diferencias estadísticas por efecto de los tratamientos, ubicándose en el primer lugar tres tratamientos, la clave 1 (Testigo fertilización NPK), con 34.75 cm, a la clave 5 (Acondicionador + *Bradyrhizobium* sp), con 28.08 cm de longitud de raíz. El segundo lugar fue para el tratamiento con clave 6 (*Bradyrhizobium* sp), que obtuvo 27.43 cm; mientras que el tercer lugar se ubicaron los tratamientos con clave 7 (Testigo absoluto), clave 2 (Acondicionador) y la clave 4 (*Bacillus* sp), con 27.30, 27.10 y 26.23 cm de largo de raíces, respectivamente.

TABLA 15

PRUEBA DE DUNCAN DE LA LONGITUD DE RAICES DEL TOMATE POR EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DE SUELO Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS EN ICA

CLAVE	TRATAMIENTO	Longitud Raíz cm	DUNCAN α 0.05	O.M
1	Testigo fertilización NPK	34,75	a	1ro
3	Acondicionador + <i>Bacillus</i> sp	34,70	a	1ro
5	Acondicionador + <i>Bradyrhizobium</i> sp	28,08	a b	1ro
6	<i>Bradyrhizobium</i> sp	27,43	b c	2do
7	Testigo absoluto	27,30	c	3ro
2	Acondicionador	27,10	c	3ro
4	<i>Bacillus</i> sp	26,23	c	3ro

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

PESO SECO DE PARTE AEREA

En el análisis de varianza para esta característica tal como es de verse en la tabla 16, se encontró diferencias significativas entre repeticiones y diferencias altamente significativas entre los tratamientos estudiados, con un coeficiente de variación de 24.65%.

TABLA 16

ANALISIS DE VARIANCIA DEL PESO SECO PARTE AEREA DEL TOMATE POR EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DE SUELO Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS EN ICA

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	F.t 0.05	F.t 0.01	NIVEL SIG.
Repeticiones	3	232,01	77,34	3,62	3,16	5.09	*
Tratamientos	6	1016,97	169,49	7,93	2.66	4.01	**
Error Experimental	18	384,85	21,38	----	----	----	----
Total	27	1633,83	----	----	----	----	----
C.V (%)	24.65						

Promedio General 18.76 g

Nota: * - Diferencias significativas con 95% de confiabilidad

** - Diferencias altamente significativas con 99% de confiabilidad

Efectuada la prueba de Duncan para esta característica, tal como es de verse en la tabla 17, y confirmando el análisis de variancia, se establecieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, ocupando el primer los tratamientos con clave 1 (Testigo fertilización NPK) y clave 3 (Acondicionador + *Bacillus* sp), con 30.83 y 24.85 g de peso seco de la parte aérea, respectivamente; en el segundo lugar se ubicó el tratamiento con clave 5 (Acondicionador + *Bradyrhizobium* sp), con 18.48 gramos de peso seco y en el tercer lugar estuvieron 4 tratamientos, de la clave 2 (Acondicionador), con 15.45 gramos de peso seco, a la clave 6 (*Bradyrhizobium* sp),

que obtuvo 13.73 gramos de peso seco aéreo.

TABLA 17

PRUEBA DE DUNCAN DEL PESO SECO PARTE AEREA DEL TOMATE POR EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DE SUELO Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS EN ICA

CLAVE	TRATAMIENTO	P.S. Aéreo g	DUNCAN α 0.05	O.M
1	Testigo fertilización NPK	30,83	a	1ro
3	Acondicionador + <i>Bacillus</i> sp	24,35	a b	1ro
5	Acondicionador + <i>Bradyrhizobium</i> sp	18,48	b c	2do
2	Acondicionador	15,45	c	3ro
7	Testigo absoluto	14,68	c	3ro
4	<i>Bacillus</i> sp	13,83	c	3ro
6	<i>Bradyrhizobium</i> sp	13,73	c	3ro

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

PESO SECO DE LA RAIZ

En el análisis de varianza para esta característica tal como es de verse en la tabla 18, se encontró diferencias altamente significativas por efecto de los tratamientos empleados, con un coeficiente de variación de 25.70%.

TABLA 18

ANALISIS DE VARIANCIA DEL PESO SECO DE LA RAIZ DEL TOMATE POR EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DE SUELO Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS EN ICA

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	F.t		NIVEL SIG.
					0.05	0.01	
Repeticiones	3	15,04	5,01	0,77	3,16	5.09	NS
Tratamientos	6	192,68	32,11	4,95	2.66	4.01	**
Error Experimental	18	116,87	6,49	----	----	----	----
Total	27	324,59	----	----	----	----	----
C.V (%)	25.70						
Promedio General	9.91 g						

Nota: ** - Diferencias altamente significativas con 99% de confiabilidad

Efectuada la prueba de Duncan para esta característica, tal como se puede ver en la tabla 19, y confirmando el análisis de varianza, se establecieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, ocupando el primer los tratamientos con clave 1 (Testigo fertilización NPK), clave 3 (Acondicionador + *Bacillus* sp) y clave 4 (*Bacillus* sp), con 14.63, 12.10 y 10.68 g de peso seco de la raíz, respectivamente; en el segundo lugar se ubicaron tres tratamientos, del tratamiento con clave con clave 5 (Acondicionador + *Bradyrhizobium* sp), con 9.18 gramos de peso seco a

la clave 2 (Acondicionador), mientras que en el tercer lugar estuvo el tratamiento con clave 7 (Testigo absoluto), con 5.95 gramos de peso seco.

TABLA 19

PRUEBA DE DUNCAN DEL PESO SECO DE LA RAIZ DEL TOMATE POR EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DE SUELO Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS EN ICA

CLAVE	TRATAMIENTO	P.S. Raiz g	DUNCAN α 0.05	O.M
1	Testigo fertilización NPK	14,63	a	1ro
3	Acondicionador + <i>Bacillus</i> sp	12,10	a b	1ro
4	<i>Bacillus</i> sp	10,68	a b	1ro
5	Acondicionador + <i>Bradyrhizobium</i> sp	9,18	b c	2do
6	<i>Bradyrhizobium</i> sp	8,45	b c	2do
2	Acondicionador	8,43	b c	2do
7	Testigo absoluto	5,95	c	3ro

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

IV DISCUSIÓN

Por las peculiaridades de la investigación se hace necesario el análisis de algunas variables intervinientes pues podría existir alguna influencia en el efecto de los tratamientos estudiados sobre las características evaluadas.

ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL SUELO

En la tabla 1 se presentan los resultados del análisis físico del suelo, que muestran que el suelo presentó una textura Franco, lo que indica que tiene una textura equilibrada de sus tres componentes, por tanto, ideal para la agricultura, con un buen drenaje e infiltración de aire y agua con buena retención de la humedad y un drenaje adecuado que impide su saturación

El análisis de las características químicas del suelo experimental que se presentan en la tabla 2, indican que es un suelo con características propias de la costa central, con un contenido medio de materia orgánica y nitrógeno, debido a su textura Franco, salvo las características enunciadas el suelo presenta ciertas limitaciones en su fertilidad lo que se manifiesta en un bajo contenido de fosforo; en el caso de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es medio, así mismo manifiesta un contenido bajo de calcáreo, un pH ligeramente alcalino, y el suelo libre de sales.

Según Yara [21], en cuanto a los suelos, los tomates son adaptables a diversas condiciones siempre que haya buen drenaje y estructura., aportando que el pH ideal del suelo está entre 6,0 y 6,5, sin embargo, abunda que también pueden crecer en rangos de pH de 5,0 a 7,5, con las limitantes ya conocidas sobre su efecto en la limitada absorción de ciertos elementos menores como zinc, manganeso y hierro, como en nuestro caso donde el pH se presenta ligeramente alcalino.

Mientras que Pérez et al., [23], indica que el tomate prefiere los suelos profundos, aunque se adapta a los superficiales, con un contenido de carbonato de calcio que sitúe entre el 2 y el 5% y la salinidad en un rango óptimo entre 0.75 y 2 mmho/cm², características que reunió el campo experimental.

CONDICIONES METEOROLOGICAS

La tabla 3 nos muestran las condiciones atmosféricas que se presentaron durante la conducción del experimento; la temperatura media varió de 23.1°C en el mes de noviembre a 27.3°C en febrero, mientras que la temperatura máxima fluctuó de 34.7°C a 31.4°C, en los mismos meses.

Con relación a las horas de sol, la búsqueda revela que estas fueron suficientes para permitir una buena actividad fotosintética de la planta del maíz, pues fluctuaron de 8.22 horas de sol diarias en el mes de noviembre, a 6.55 en el mes de enero. En el caso de la humedad relativa este vario de 63.9% en el mes de febrero a 72.5% en el mes de abril, la que no tuvieron mayor incidencia en el

crecimiento y desarrollo del cultivo, pues no se manifestaron tan altas como para favorecer la presencia de enfermedades fungosas, ni tan bajas como para provocar una excesiva transpiración.

Con respecto a los requerimientos climáticos en cuanto al factor temperatura Rosello y Porcuna [20] y Yara [21], coinciden en que las temperaturas diurnas óptimas se encuentran entre 18-20 y 26-27°C, condiciones que se presentaron en la conducción del experimento, sin embargo, habría que considerar que las temperaturas nocturnas, estuvieron elevadas pues se expone que estas limitan el crecimiento vegetativo de las raíces y del tallo, impactando negativamente en el rendimiento total.

Yara [21], además, destaca que esta especie requiere de un alto número de horas de luz, y en general, el rendimiento del tomate depende de la cantidad total de horas de sol tomadas a lo largo de su ciclo de vida. En cuanto a la humedad relativa ideal está entre 60% y 80%, ambos parámetros meteorológicos se presentaron en esos valores.

PRODUCTIVIDAD BIOLÓGICA DEL TOMATE

Con respecto a esta característica, se confirma la importancia de la fertilización sintética en la producción de los cultivos, lo que se comprueba con la ubicación del tratamiento con clave 1 (Testigo fertilización NPK), sin embargo, resulta importante resaltar que comparte dicha ubicación con el tratamiento con clave 3 (Acondicionador + *Bacillus* sp) que representa una de las formas de fertilización biológica que se plantea en el presente trabajo. El análisis también indica que todos los tratamientos ensayados y que corresponden al acondicionador de suelos y a los bioestimulantes microbianos, superan al testigo absoluto, como es de verse en la Fig. 2; en el caso de los dos tratamientos que ocupan el primer lugar, presentan una mayor productividad biológica de 46%, con respecto al testigo absoluto.

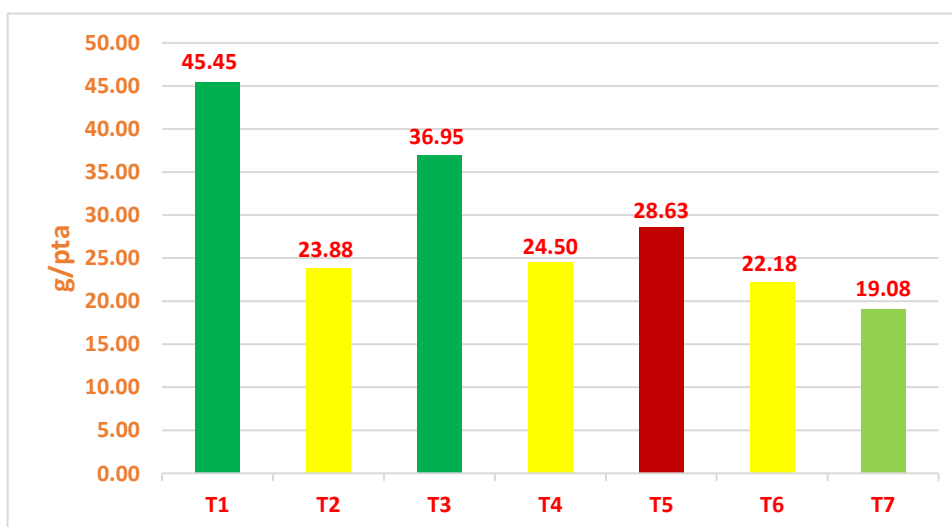


Fig. 2 Productividad biológica del tomate

Canales et al [6], reporta que la solución del suelo es un sistema complejo y abierto que tiene entradas y salidas de energía, esto explica los resultados que indican que los fertilizantes químicos presentaron los valores medios más altos de rendimiento; sin embargo como alternativa al uso de productos químicos surge el tratamiento Acondicionador + *Bacillus* sp, que también se ubicó en el primer lugar, esto debido a las interacciones planta-suelo-microorganismos, que propician y dan lugar a los distintos procesos biológicos, que permiten además la conservación de la fertilidad del suelo y disminuyen la contaminación ambiental.

Los resultados obtenidos en la productividad biológica o biomasa se pueden asociar a lo planteado por Ferraris [44], asumiendo que, al lograr un mayor rendimiento, nos indica que ha existido una mayor intercepción de la luz radiante del sol, con una mayor actividad fotosintética de las plantas, principalmente durante el período crítico en donde se define el rendimiento del cultivo.

Por lo tanto, podemos asumir que los sistemas agrícolas, siguen resultando altamente dependientes al uso indiscriminado de químicos para tratar de sostener la productividad de los cultivos y proveer alimento a una población humana en crecimiento por tanto exige que se tomen acciones para mitigar los gases de efecto invernadero que se producen como consecuencia del agroextractivismo, considerando los bioestimulantes bacterianos llamados biofertilizantes, que contienen microorganismos benéficos que ayudan a mejorar la calidad del suelo y promueven el desarrollo vegetativo de los cultivos

Chiquito et al [5], señalan que el uso de rizobacterias como agentes promotores del crecimiento vegetal en la agricultura se presenta como una alternativa ecológica frente al empleo excesivo de fertilizantes sintéticos, indicando además que las cepas de rizobacterias, como los niveles de fertilización sintética mejoran de manera significativa los parámetros morfo-productivos de las plantas.

No esta demás indicar que tanto el acondicionador de suelo (T2), así como los bioestimulantes bacterianos *Bacillus* sp y *Bradirhizobium* sp no presentaron buena performance aplicados en forma individual, sin embargo, todos los tratamientos superaron al testigo absoluto.

ALTURA DE PLANTA

Los tratamientos consistentes en acondicionador del suelo y bioestimulantes bacterianos tuvieron efecto sobre esta característica, destacando la fertilización NPK, que en solitario se ubicó en el primer lugar, mientras que todos los tratamientos con el acondicionador y los bioestimulantes microbianos, solos o en mezcla, se ubicaron en el segundo lugar con un buen comportamiento el altura de planta, superando al testigo absoluto sin aplicación, que obtuvieron en promedio 76.66 cm de altura de planta superando en un 12% al testigo sin aplicación que solo tuvo 67.63 cm de altura de planta.

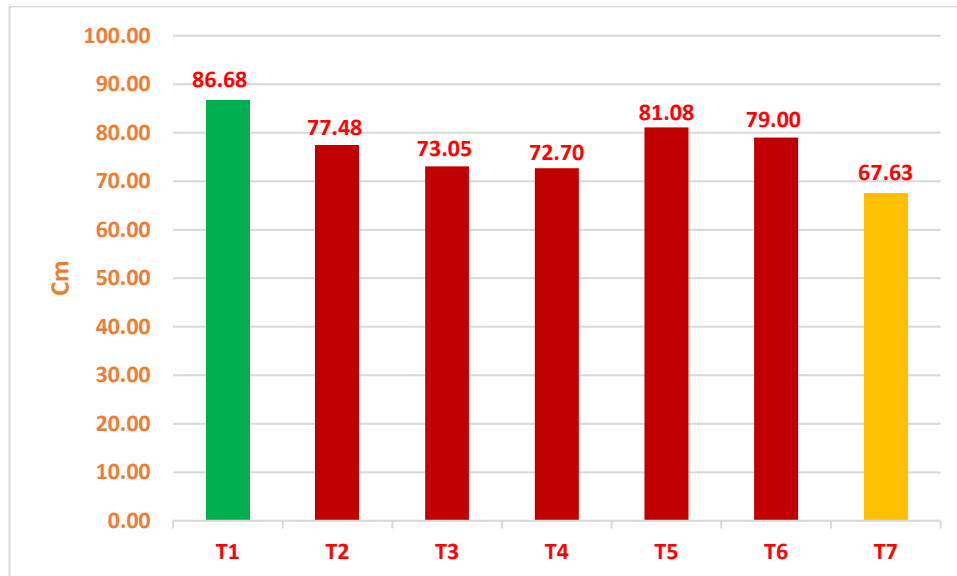


Fig. 3 Altura de planta

Considerando que el crecimiento de las plantas está gobernado por un tejido vegetal conocido como meristemo, que está formado por células indiferenciadas que se dividen y se diferencian debido a la presencia de giberelinas, hormona que tiene como un efecto fisiológico importante la de actuar en el crecimiento longitudinal y que su síntesis es dependiente de nutrientes esenciales, lo que explica su supremacía en la altura de planta. Barceló et al, [45], mientras que Ziane et al [46], al indagar acerca del crecimiento de las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) en tres diferentes dosis de fertilización 0, 50 y 100% de la recomendada, encuentran que para las variables altura de la planta y crecimiento de la parte aérea, la fertilización de 100% comparada con la de 0%, se incrementó en un 15% y 22%, respectivamente. Asimismo, la variable crecimiento radicular incrementó en un 32% entre la fertilización de 50% y 0%.

Gutiérrez et al., [47], explica que el uso de biofertilizantes es de importancia, pues investigaciones han demostrado que, fertilizar las plantas de tomate con fertilizante orgánico incrementa la altura de la planta. Además, usar biofertilizantes hace más eficiente el uso de nutrientes en la agricultura tal como lo expone Márquez et al [48].

Es conveniente mencionar que Gamboa et al [11], encontraron que la aplicación de *Bacillus subtilis* incrementó significativamente la altura de planta respecto al testigo, resultados confirmados por Rojo y Condori [16] que reportan en cuanto a la altura de las plantas, que los tratamientos con biofertilizantes y fertilización química superaron al testigo (control sin aplicación), lo cual sugiere que la biofertilización mejoró la disponibilidad de nitrógeno, elemento esencial para el crecimiento de las plantas; de la misma forma en una investigación realizado en tomate por Terry y Leyva [7], con otras rizobacterias, reportó un efecto positivo con la coinoculación micorriza-rizobacteria en el crecimiento de plántulas, siendo la altura superior en 23% respecto al testigo.

DIAMETRO DEL TALLO

En cuanto a esta característica, los resultados también presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, siguiendo con la tendencia del predominio de la fertilización NPK y también de un buen comportamiento de la interacción del acondicionador+ *Bacillus* sp, no estando muy claro el comportamiento de los otros tratamientos con bioestimulantes microbianos, pues incluso el acondicionador aplicado solo se ubica en el último lugar, siendo superado por el testigo sin aplicación, como es de verse en la Fig. 4.

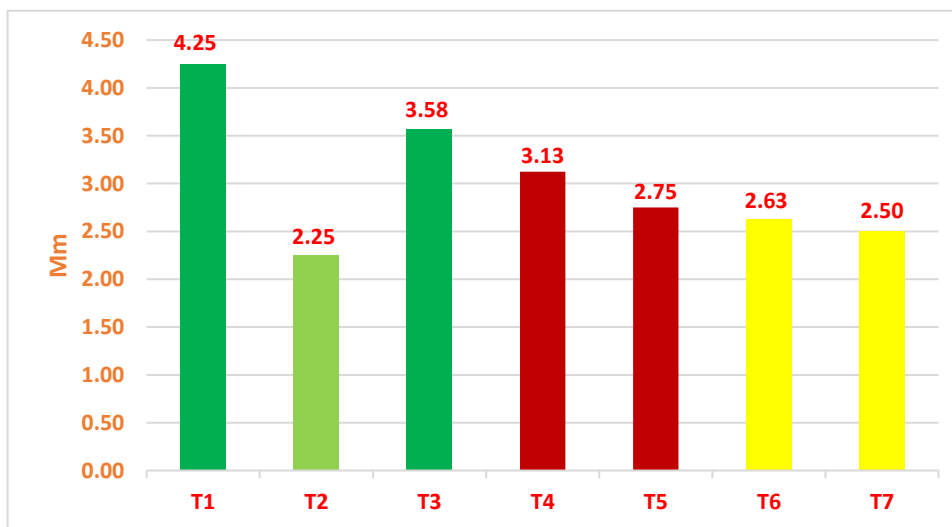


Fig. 4 Diámetro del tallo

Razz, Clavero y Pérez [49], trabajando en el cultivo de *Leucaena leucocephala*, con diferentes niveles de fertilización de los elementos nitrógeno y fósforo, encontraron que dichos nutrientes incrementaron el diámetro del tallo en la base de la planta, atribuyendo este efecto a que los nutrientes estimulan los puntos de crecimiento de la planta, dado que se observó un incremento en el rebrote de las plantas fertilizadas con estos nutrientes, este efecto también fue reconocido por Olagunju et al [50], cuyo interés era fortalecer el diámetro superior y basal del tallo, para evitar el hábito de crecimiento postrado del tomate, encontrando que como elementos esenciales de la planta, permiten la obtención de mayor diámetro de los tallos y por tanto mayor resistencia a la postración.

Mientras que Escalona et al., [51] con respecto al incremento del diámetro del tallo por la fertilización química, indica que está asociada a la absorción de nutrimentos demandados por el cultivo en la fase fisiológica estudiada desde inicio de floración a cuaje del último racimo, periodo en el cual el crecimiento del tallo se incrementa y demanda mayor cantidad de nutrientes.

ÁREA FOLIAR POR PLANTA

Para esta característica, el testigo fertilización NPK, supero estadísticamente al resto de tratamientos, pero en este caso todos los tratamientos con el acondicionador del suelo y los

bioestimulantes microbianos superaron al testigo sin aplicación, cabe destacar que el tratamiento con NPK, supero en 43% al promedio de los otros tratamientos y en un 67% al testigo absoluto sin aplicación.

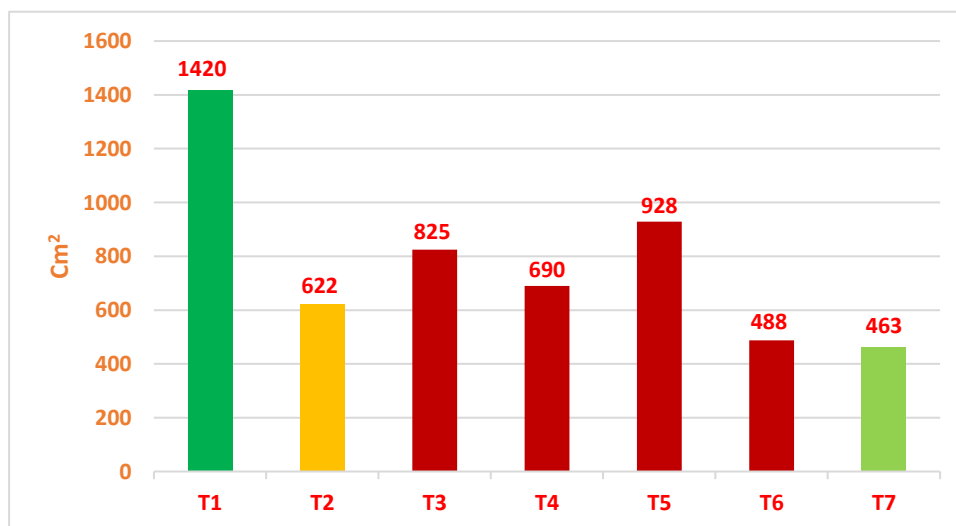


Fig. 5 Área foliar.

El resultado obtenido puede estar relacionadas con el vigor y el estado nutricional de las plantas pues tal como lo menciona Nuñez et al., [52], la fertilización influye fuertemente en el crecimiento y calidad de plántulas de tomate. El área foliar puede variar a lo largo del ciclo del cultivo, a mayor valor, mayor será la actividad fotosintética laminar las plantas con mayor área foliar son más eficientes a la aplicación de fertilizantes y por tanto es capaz de utilizar mejor la energía solar con una fotosíntesis más eficiente.

Con respecto a las cepas microbianas Viera y Álvarez [53] demostraron que estas influyen en el área foliar de plantas de tomate, encontrando un efecto bioestimulador de las cepas bacterianas de *Bacillus* similar al producido por otras rizobacterias con actividad biofertilizadora.

LONGITUD DE RAICES

Siendo la raíz, un órgano especial de la planta pues a través de el se movilizan el agua y nutrientes para cumplir con sus funciones, los resultados son de importancia, en este caso sobresalieron el tratamiento con fertilización NPK, Ziane, et al [46], al indagar acerca del crecimiento radicular encontró que este se incrementó en un 32% entre la fertilización de 50% y 0%.

Pero en la misma magnitud se presentaron el acondicionador en mezcla con los dos bioestimulantes microbianos estudiados, es decir acondicionador + *Bacillus* sp y Acondicionador + *bradyrhizobium* sp, lo que no es sorprendente pues esta debidamente estudiado la acción de estas rizobacterias en el sistema radicular de la planta, Rojas [33] señala que las bacterias son los microorganismos más abundantes en el suelo, indicando que muchas de estas bacterias tienen la capacidad de estimular el crecimiento radicular, lo que resalta la importancia de estudiar las

relaciones que establecen, especialmente con las plantas cultivadas. Aquellas bacterias presentes en la rizosfera, que colonizan las raíces, son conocidas como rizobacterias.

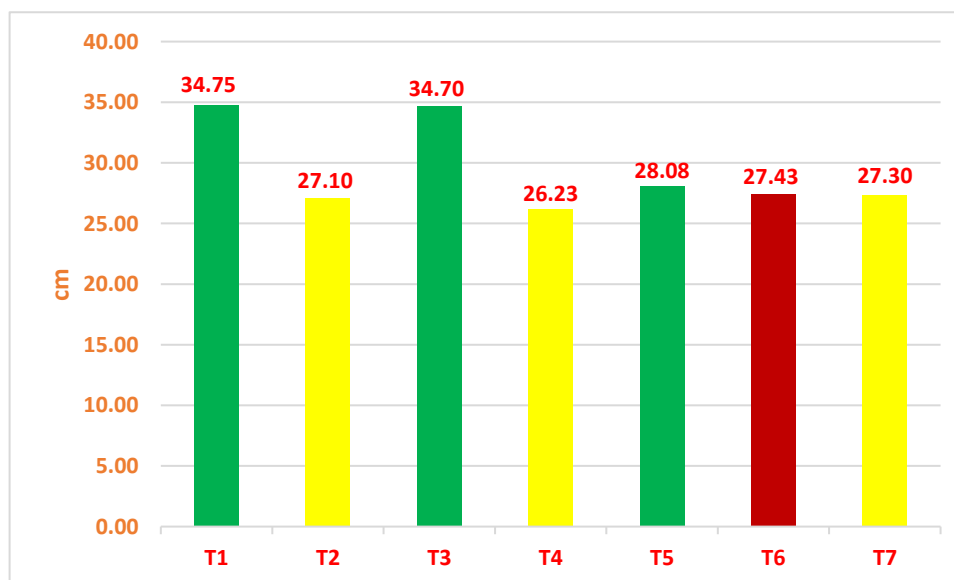


Fig. 6 Longitud de raíces

Álvarez et al [10] y Gamboa et al [11] en trabajos efectuados en tomate con la aplicación de *Bradyrhizobium japonicum* y *Bacillus* sp, encontraron resultados en los cuales, en la característica longitud de raíces en la generalidad de los casos superaban estadísticamente al resto de tratamientos.

De igual manera en cuanto a la longitud del sistema radicular, Rojo y Condori [16] observaron un efecto significativo en los tratamientos con micorrizas, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus* y también en la fertilización química, lo cual es destacable dado que las raíces desempeñan un papel fundamental en la absorción de agua y nutrientes del suelo.

PESO SECO PARTE AEREA

Los resultados obtenidos en esta característica, no hacen más que confirmar los efectos benéficos en las diferentes características del tratamiento NPK y la composición del acondicionador del suelo y los bioestimulantes microbianos *Bradyrhizobium* sp y *bacillus* sp; en el caso de la fertilización NPK, se conoce que este cultivo es exigente a los niveles de fertilización es una de las hortalizas más cultivadas con la tecnología de los invernaderos.

Algunos autores reportan que la producción de materia seca o biomasa está más ligada a la fenología de la planta, principalmente en el inicio de la etapa reproductiva pues a partir de ahí se limita el crecimiento vegetativo en la etapa de fructificación.

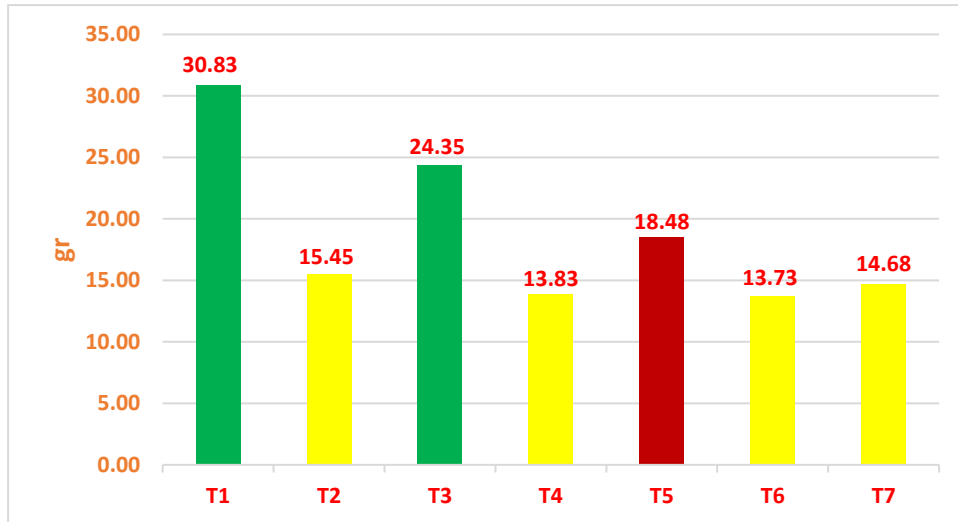


Fig. 7 Peso seco de la parte aérea

Con respecto al efecto de los microorganismos en la acumulación de materia seca, Sánchez et al [9] reporta que un experimento en invernadero reveló que las cepas estudiadas aumentaron significativamente la biomasa y el desarrollo de las plantas ($p \leq 0.05$), lo cual se puede atribuir a las capacidades bioquímicas relacionadas con la promoción del crecimiento vegetal observadas en el laboratorio.

PESO SECO DE LA RAIZ

En el peso seco de la raíz por planta, los resultados a verse en la Fig.8, nos indican que los tratamientos fertilización NPK, acondicionador + *Bacillus* sp y *Bacillus* solos destacan en esta importante característica, con valores alcanzados que van de 14.63 a 10.68 g, superando en 52% al testigo absoluto y en 30%, al resto de tratamientos.

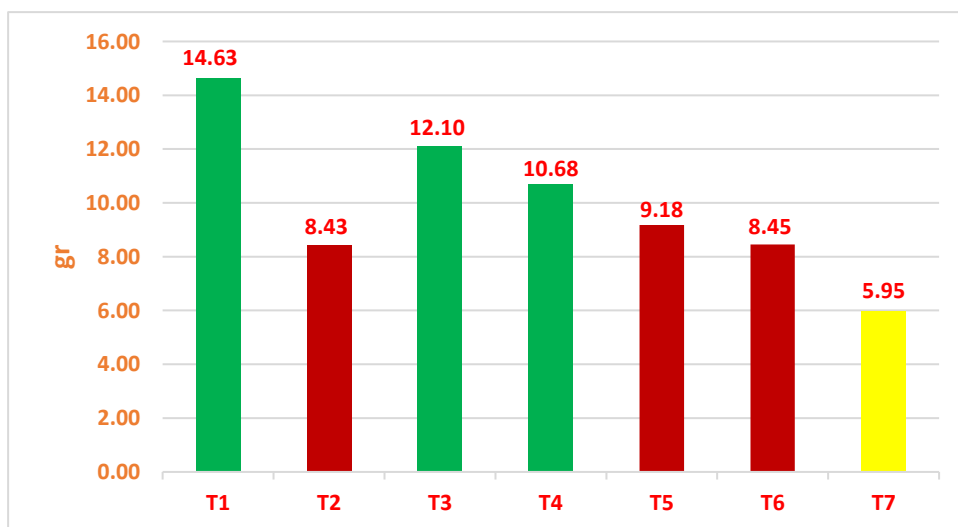


Fig. 8 Peso seco de la raíz

De acuerdo a la data existente sobre el particular, el crecimiento de las raíces se estimula al incrementar los niveles de nutrimentos como el N, P y Ca, según lo expuesto por Leskovar y Stoffella [54] sin embargo, otras investigaciones indican que las raíces generalmente responden al exceso de minerales mediante el engrosamiento y desarrollo más lento

Márquez [48], observo mayores incrementos de la materia seca de la raíz con relación a la materia seca de la parte aérea, hacen mención sobre la habilidad de las cepas de rizobio para producir ACC diaminasa, compuesto que reduce el nivel de etileno en las raíces de las plantas, incrementándose de esta manera la longitud y el crecimiento de las raíces, además sostienen que las moléculas promotoras del crecimiento como el ácido indol acético, las giberelinas y las citoquininas producidas por los rizobios, presentes ya sea en la rizósfera o en los tejidos de las plantas estimulan el mayor desarrollo de la raíz.

V CONCLUSIONES

El análisis de los resultados, de la investigación, considerando los objetivos trazados y el balance final de las variables intervinientes, pude llegar a las siguientes conclusiones:

- 5.1 El suelo no presentó limitantes en cuanto a textura y fertilidad, por lo tanto no tuvo impacto en el cultivo del tomate.
- 5.2 Las condiciones atmosféricas, se mantuvieron dentro de los parámetros normales para las condiciones del valle de Ica, por tanto, no influenciaron los resultados de la investigación
- 5.3 El acondicionador de suelo y los estimulantes microbianos tuvieron un efecto importante en la productividad biológica del tomate, destacando la combinación del acondicionador + *Bacillus*, sp, que en conjunto con la fertilización química se ubicó en los primeros lugares, asumiéndose que los bioproductos contribuyeron a sustituir parcialmente la fertilización mineral requerida por el cultivo del tomate.
- 5.4 En cuanto a la acción del acondicionador de suelo y los estimulantes microbianos sobre las características morfo agronómicas, estas solo presentaron un comportamiento expectante en diámetro del tallo y longitud de raíces, pues principalmente la fertilización química, presento un mejor comportamiento sobre todas características, esto debido a los altos requerimientos nutritivos del cultivo.
- 5.5 El presente estudio sugiere que, al no haber diferencias en rendimiento entre las fuentes inorgánicas (Fertilización química NPK) y orgánicas de nutrientes (Acondicionador + *Bacillus* sp), este último puede ser considerado como un fertilizante alternativo para la producción orgánica de tomate en condiciones de invernadero.

VI RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, me permito recomendar lo siguiente:

- 6.1 Repetir la presente investigación, con la finalidad de comprobar o rectificar los resultados obtenidos.
- 6.2 Continuar evaluando el efecto de los productos orgánicos como un complemento a la fertilización química y para su uso en la producción orgánica del tomate.
- 6.3 Utilizar otros microorganismos promotores del crecimiento vegetal, en coinoculación con rizobacterias, para tener opciones, considerando que muchos de ellos ya se vienen utilizando comercialmente.
- 6.4 Realizar trabajos en campos de agricultores, en el cultivo de tomate, con el uso del acondicionador del suelo + *Bacillus* sp. que dentro de los productos orgánicos obtuvieron el mejor resultado en el presente trabajo,

VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. Jaramillo; P. Rodríguez; A. Guzmán y C. Zapata. Manual técnico buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Corpoica. ed. CTP Print Ltda. 314 p. 2007
- [2] J. Sánchez-Cardozo and Luis. Díaz-Barrera. "Evaluación de sustratos elaborados a partir de residuos celulósicos para la propagación de flores ornamentales y hortalizas." Bioagro 31.1 (2019): 45-54.
- [3] P. Sharma.; J. Ladha; T. Verma; R. Bhagat y A. Padre. Rice–wheat productivity and nutrient status in a lantana- (*Lantana* spp.) amended soil. Biol. Fertil. Soils 37(2), 2003.108-114.
- [4] Y. Socarrás, Y. Calderón & A. Iznaga. Evaluación de impacto ambiental en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en casas de cultivo protegido. Revista Científica Agroecosistemas, 3(1). 2015.
- [5] R. Chiquito-Contreras, J. Reyes-Pérez, C. Chiquito-Contreras, L. Vidal-Hernández & L. Hernández-Montiel. Efecto de rizobacterias y dosis reducidas de fertilizantes sintéticos sobre la expresión morfo-productiva de tomate en invernadero. ITEA-Información Técnica Económica Agraria, 116 (1), 2020. 19-29.
- [6] J. Canales-Almendares, F. Borrego-Escalante, W. Narvaez-Ortíz, S. González-Morales & A. Benavides-Mendoza 2021. Impacto de diferentes fertilizantes en la solución del suelo y el crecimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (26), 2021. 105-117.
- [7] A. Terry y A. Leyva. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Rev. Colomb. Biotecnol 2005; 7(2): 47-54.
- [8] M. Hernández-Suárez., F. Hernández-Castillo, R. Lira-Saldívar & G. Gallegos-Morales. Biocontrol de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* sp. con microencapsulados de *Bacillus subtilis* y su efecto en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Agraria*, 7(1-2-3), 2010. 17-25.
- [9] D. Sánchez, R. Gómez, M. Garrido y R. Bonilla. 2010. Inoculación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero. Rev. Mex. Cienc. Agríc vol.3 no.7 Texcoco sep./oct. 2012
- [10] A. Álvarez., L. Cedeño, J. Reyes-Pérez, A. Batista, M. Monge, M. Culcay & W. Santan (2021). Respuesta agronómica de plantas de tomate *Solanum lycopersicum* L. a la aplicación de *Bradyrhizobium japonicum* y quitosano. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 11361-11374.
- [11] J. Gamboa-Angulo, E. Ruíz-Sánchez, C. Alvarado-López, F. Gutiérrez-Miceli, Ruíz-V.

Valdiviezo & K. Medina-Dzul. Efecto de biofertilizantes microbianos en las características agronómicas de la planta y calidad del fruto del chile xcat'ik (*Capsicum annuum* L.). Terra Latinoamericana, 38(4), 2020. 817-826.

[12] J. Alarcón, D. Recharte, F. Yanqui, S. Moreno & M. Buendía Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). Scientia Agropecuaria, 11(1), 2020. 67-73.

[13] E. De la Cruz. Evaluación de repuesta del cultivo de tomate (*Lycopersicum sculentum* L.) a la inoculación con *Azotobacter chroococcum* y *Glomus* sp. en condiciones de campo, en Pocollay. T para optar el título de biólogo - microbiólogo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna-Perú. 2014

[14] S. Vazallo, L. Ramírez, L. Carranza, B. García & B. Bernilla. 2013. Efecto de la inoculación de *Rhizobium etli* y *Trichoderma viride* sobre el crecimiento aéreo y radicular de *Capsicum annum* var. longum. *Revista Rebiolest*, 1(1), 2013. 11-21.

[15] H. Huarcaya y M. Ñañaajuare. Determinación de la efectividad agrobiológica de la co-inoculación micorrizas-rizobacterias sobre el crecimiento, desarrollo y productividad biológica del tomate, bajo condiciones de la zona media del valle de Ica. Tesis de grado Universidad Nacional San Luis Gonzaga-Facultad de Agronomía. 2020

[16] Y. Rojo, y M. Condori. Efecto de la inoculación con microorganismos promotores del crecimiento vegetal en tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), variedad rio grande, bajo condiciones de invernadero, en Ica. Tesis de grado. Facultad de agronomía de la UNICA. Ica-Perú. 2017

[17] INFOAGRO.COM. El cultivo de tomate. 2020. Disponible en <https://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>.

[18] F. Janos. Cultivo y producción de tomate. Ediciones RIPALME. Lima, Perú. 2006. 136 pp.

[19] J. Benton. Tomato plant culture: in the field, greenhouse and home garden. 2nd edition CRC press Taylor and Francis group. 2008

[20] J. Rosello y J. Porcuna. : Cultivo ecológico del tomate y del pimiento índice cuadernos técnicos seae - serie: Protección Vegetal Ecológica. 2012

[21] L. Yara. Principios agronómicos en tomate. Portafolio de agricultura digital. 2025. Disponible en: <https://www.yara.com.pe/nutricion-vegetal/tomate/principios-agronicos-en-tomate/>

[22] A. Orna, Evaluación del efecto de la aplicación de micorrizas en la evaluación de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero. Tesis. Facultad de recursos naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Ríobamba, Ecuador. 58 pp. 2009

- [23] J. Pérez; G. Hurtado.; V. Aparicio; Q. Argueta; M. Larin. Cultivo de tomate. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. San Salvador, El Salvador. 2005.
- [24] L. Ayan, P. Coutiño, M. González, R. Vázquez & F. Hernández. Microorganismos del suelo y sus usos potenciales en la agricultura frente al escenario del cambio climático. *Magna Scientia UCEVA*, 1(1), (2021).104-117.
- [25] F. Aguirre. 2006. Biofertilizantes microbianos: Experiencias agronômicas del programa Nacional Del INIFAR em México. Centro de Investigaciones Regionales Pacífico Sur. México.
- [26] V. Noriega. Importancia de los microorganismos PGPR, en la producción de cultivos. Doctorado en Agricultura sustentable. Seminario I. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú, 4 p. 2008
- [27] P. Hinsinger, N. Bravin, N. Devau, F. Gerard, E. Le Cadre, B. Jaillard. Soil-Root-Microbe Interactions in the Rhizosphere - A Key to Understanding and Predicting Nutrient Bio availability to Plants. *J. Soil Science. Plant Nut.* (2008) 8: 39-47.
- [28] P. Gonzales y R. Ferrera. Aislamiento y caracterización de microorganismos de rizosfera, de Maíz (*Zea Mays* L.) Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo (eds.) XXXVL Congreso Nacional De La Ciencia del suelo. Cd. Victoria, Tamaulipas. 1995. 91 p.
- [29] J. Sanchez-Yañez. Producción de inoculantes para leguminosas y gramíneas. Coordinación de la Investigación científica. Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Reporte técnico. 1997.
- [30] R. Jiménez Delgadillo; G. Virgen; S. Tabarez y V. Olalde. 2001. Bacterias promotoras del crecimiento de plantas: agro-biotecnología. Avance y Perspectiva. Vol 20. 2001.
- [31] K. Vessey. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255(2): 2003. 571-586.
- [32] I. Reyes, L. Álvarez, A. el Ayoubi. Selección y Evaluación de Rizobacterias Promotoras del Crecimiento en Pimentón y Maíz. *Bioagro* 2008; 20(1): 37-48.
- [33] T. Rojas Contreras. 2010. Efecto de sustratos enriquecidos con rizobacterias promotoras de crecimiento en plantines de tomate. Tesis de grado. Universidad de Chile – Facultad de Ciencias Agronómicas. 2010. 65 pp.
- [34] J. Shankar, V. Chandra and P. Singh.. *Agric. Ecosys. and Environm.*, 2011.140: 339-353.
- [35] R. Santiago, H. Gómez, E. Sánchez, J. Alejo. Effect of the association of *Rhizobium etli-Phaseolus vulgaris* L. on the plant growth and the preference of *Bemisia tabaci*. *Tropical and*

Subtropical Agroecosystems, 23(1).

[36] Y. Chen; P. Rekha; F. Arun; W. Schen; C. Lai and C. Young, C. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Appl. Soil Ecol.* 2006. 34:33-41.

[37] WIKIPEDIA. Fitopatología. *Trichoderma harzianum*. 2013. Disponible en, http://es.wikipedia.org/wiki/Trichoderma_harzianum (Consultado 20 de julio del 2019).

[38] D. López, R. Gómez-Vargas, M. Rubiano & R. Buitrago. 2012. Inoculación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(7), 2012. 1401-1415.

[39] C. Cornejo. Ecofisiología de los cultivos. Apuntes de clase. Facultad de Agronomía-Universidad Nacional San Luis Gonzaga. 2023.

[40] R. Mont. 1993. Principios del control de enfermedades de plantas. Centro Pre-Universitario de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 1993.

[41] F. Méndez. 2005. “Efectos de bacteria tipo *rhizobium* en jitomate saladette” 2005. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/16231558/Efectos-de-Bacteria-Tipo-Rhizobium-en-Jitomate-Saladette>

[42] F. Robles. La nutrición de las plantas, papel de los nutrientes. Boletín informativo de la asociación de fomento agroindustrial. FONAGRO- Chincha 1996. 2: (23).

[43] S. Gagne, L. Dehbi, D. Le Quere, F. Cayer, J. Morin, R. Lemay. Increase of greenhouse tomato fruit yields by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) inoculated into the peat-based growing media. *Soil Biol Biochem* 1993. 25:269–72.

[44] G. Ferraris. “Densidad de siembra y Espaciamientos en Soja. 2007. Disponible: <http://www.elsitioagricola.com/articulos/ferraris/>

[45] J. Barceló, J. Rodrigo, B. Sabater y R. Sánchez. *Fisiología Vegetal*. Ed. Pirámide, Madrid. 2007. 566 p.

[46] H. Ziane, A. Meddad-Hamza, A. Beddiar & S. Gianinazzi. Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Fertilization Levels on Industrial Tomato Growth and Production. *International Journal of Agriculture and Biology*, 19(2), 2017. 341-347.

[47] L. Gutiérrez; S. Seguro; J. Arenas; J. Moreno. Evaluación del poder fertilizante de dos abonos orgánicos preparados con microorganismos eficientes en plantas de tomate y maíz. *Journal of Agriculture and Animal Sciences* 1(2): 2012. 8-14.

- [48] H. Márquez; R. Cano; V. Figueroa; D. Ávila; D. Rodríguez y H. García. 2013. Rendimiento y calidad tomate fuentes orgánicas de fertilización en invernadero. *Phyton*.. 2013.82(1):55-61.
- [49] R. Razz, T. Clavero, & J. Pérez. Crecimiento y rendimiento de materia seca de 2 ecotipos de *Leucaena leucocephala* bajo diferentes niveles de fertilización. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 1994.11(4).
- [50] S. Olagunju, O. Sosanya, O. Oguntade, K. Adewusi, P. Soremi, A. Joda & A. Nassir. Efecto del fertilizante NPK sobre el diámetro superior y basal del tallo e implicación en el hábito del crecimiento del tomate. *Revista de la Sociedad Saudita de Ciencias Agrícolas*. Vol. 23, N° 1, enero del 2024, pa. 55-66.
- [51] A. Escalona, J. Anzola, I. Acevedo, V. Rodríguez, J. Contreras. Fertilización hidrosoluble N-P-K, en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*). 2012. <http://produccioncientificaluz.org/index.php>.
- [52] F. Núñez-Ramírez; R. Grijalva-Contreras; R. Macías Duarte; F. Robles-Contreras; C. Ceceña-Duran. Crecimiento, acumulación y distribución de materia seca en tomate de invernadero. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud* 14(3): 2012. 25-31.
- [53] R. Viera y B. Álvarez. Practical applications of bacterial biofertilizers and biostimulators. *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems* 113: 2006. 467-477
- [54] D. Leskovar y P. Stoffella. Vegetable seedling root systems: morphology, development, and importance. *HortScience* 30(6): 1995. 1153-1159.
- [55] J. Cuervo. Aislamiento y caracterización de *Bacillus* spp como fijadores biológicos de nitrógeno y solubilizadores de fosfatos en dos muestras de biofertilizantes comerciales. Tesis de Grado Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. 2010.
- [56] A. Vielma. Caracterización de cepas autóctonas de *Bradyrhizobium* sp. aisladas de *Lupinus* sp. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 1999, 16: 495-508

VIII ANEXOS

ANEXO 1

ANÁLISIS DE SUELO



INFORME DE RESULTADOS SUELO AGRÍCOLA

Análisis Caracterización + Micronutrientes

Informe: ELA-0401-015-2024
Página: 1 de 8
Versión: 0

Informe Emitido por: ÁREA DE JEFATURA DEL LABORATORIO

DATOS DEL CLIENTE

Cliente	MARIA MELCHORITA ABREGU ESCATE
Dirección	ICA

CODIGO DEL CLIENTE ELA-0401-015-2024

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción	MUESTRA DE SUELO	Cultivo	(*) NO
Procedencia	(*) ARRABALES - SUBTANJALLA - ICA	Variedad	(*) NO
Lote	(*) LOTE 2	Hectareas	(*) 1
Contenedor	BOLSA DE POLIETILENO	Tipo de Riego	(*) NO
Cantidad	1 KG	Etapa Fenologica	(*)
Toma de Muestra	CLIENTE	Observaciones	

FECHAS Y OBSERVACIONES

Recepcionado: 05/04/2024 12:55 PM **Finalización:** miércoles, 10 de abril de 2024

Inicio: 03/04/2024

Los datos en (*) han sido aportado por el cliente

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO







PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO	UNIDAD	GRAFICO
Clase Textural	Bouyoucos	FRANCO		

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO

PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO	UNIDAD	LIMITE
Carbonato de Calcio Total	Gravimetrico	0.71	%	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 100px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> <div style="margin-right: 5px;">Bajo</div> <div style="margin-right: 5px;">Medio</div> <div style="margin-right: 5px;">Alto</div> </div>
C.E. (E.S.) Temperatura 25°C	Gravimetrico	1.05	dS/m	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 100px; height: 10px; background-color: yellow; margin-right: 5px;"></div> <div style="margin-right: 5px;"><0.75</div> <div style="margin-right: 5px;">2</div> <div style="margin-right: 5px;">4</div> <div style="margin-right: 5px;">8</div> </div>
pH(1/1) Temperatura 25.3°C	Gravimetrico	7.69	Sin Unidad	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 100px; height: 10px; background-color: yellow; margin-right: 5px;"></div> <div style="margin-right: 5px;">6.6</div> <div style="margin-right: 5px;">7.3</div> <div style="margin-right: 5px;">7.8</div> <div style="margin-right: 5px;">8.4</div> </div>
Fosforo Disponible	Olsen	6.18	ppm	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 100px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> <div style="margin-right: 5px;">Bajo</div> <div style="margin-right: 5px;">Medio</div> <div style="margin-right: 5px;">Alto</div> </div>
Materia Orgánica	Kjeldahl	2.07	%	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 100px; height: 10px; background-color: yellow; margin-right: 5px;"></div> <div style="margin-right: 5px;">Bajo</div> <div style="margin-right: 5px;">Medio</div> <div style="margin-right: 5px;">Alto</div> </div>
Nitrogeno Total	Dumas	0.12	%	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 100px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> <div style="margin-right: 5px;">Bajo</div> <div style="margin-right: 5px;">Medio</div> <div style="margin-right: 5px;">Alto</div> </div>

ASOCIACIÓN DE PROMOCIÓN AGRARIA (ASP)

Urb. Jardines de Melchorita Lt.4 Mz C-Sumanpe-Chincha Alta-Ica-Peru-laboratorio@esar.edu.pe-www.esar.edu.pe

MICRONUTRIENTES				
PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO	UNIDAD	LIMITES
Cobre	FAAS	7.15	ppm	 <p>Bajo Medio Adecuado 0.30 0.60 1.5</p>
Zinc	FAAS	15.60	ppm	 <p>Bajo Medio Adecuado 0.50 3 5</p>
Manganeso	FAAS	25.72	ppm	 <p>Bajo Medio Adecuado 5 15 >29</p>
Hierro	FAAS	56.58	ppm	 <p>Bajo Medio Alto <12 50</p>
Boro	Colorimetro	1.68	ppm	 <p>Bajo Medio Tóxico 0.40 0.50 >2</p>
Sulfato Disponible	Colorimetro	320.00	ppm	 <p>Bajo Medio Alto >60</p>

ANEXO 2
DATOS METEOROLOGICOS

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

Ss12s INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación MAP- SAN CAMILO

Latitud : 14° 04' 23.7" S
Longitud : 75° 42' 39.5" W
Altitud : 419 msnm

Dpto. : Ica
Provincia : Ica
Distrito : Parcona

Parámetros : Humedad Relativa Mensual

Periodo: 2023 - 2024

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2023										67.4	66.9	65.2
2024	64.9	63.9	67.4	72.5	76.7							

mm=lm/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA:

“MARIA MELCHORITA, ABREGU ESCATE”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN TESIS:

- EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DEL SUELO Y BOESTIMULANTES MICROBIANOS EN LA PRODUCTIVIDAD BIOLÓGICA Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DEL TOMATE (*Solanum Lycopersicum m.*), BAJO CONDICIONES DE “ CASA MALLA ” EN ICA.



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA
E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**

Ica, 15 de Julio del 2024
Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación MAP- SAN CAMILO

Latitud : 14° 04' 23.7" S
Longitud : 75° 42' 39.5" W
Altitud : 419 msnm

Dpto. : Ica
Provincia : Ica
Distrito : Parcona

Parámetros : Horas de Sol

Periodo: 2023 - 2024

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2024	202.9	188.4	207.2	225.4	257.9					253.8	246.7	243.6

mm=lm/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA:

"MARIA MELCHORITA, ABREGU ESCATE"

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN TESIS:

- EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DEL SUELO Y BOESTIMULANTES MICROBIANOS EN LA PRODUCTIVIDAD BIOLÓGICA Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DEL TOMATE (*Solanum Lycopersicum m.*), BAJO CONDICIONES DE " CASA MALLA " EN ICA.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA
E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

Ica, 15 de julio del 2024
Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación MAP- SAN CAMILO

Latitud : 14° 04' 23.7" S
Longitud : 75° 42' 39.5" W
Altitud : 419 msnm

Dpto. : Ica
Provincia : Ica
Distrito : Parcona

Parámetros : Temperatura Mínima Mensual

Periodo: 2023 - 2024

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2023	17.8	19.9	19.2	16.7	13.6	11.8	11.7	12.1	12.9	15.0	14.8	16.4
2024	18.7	19.8	19.2	17.2	12.6							

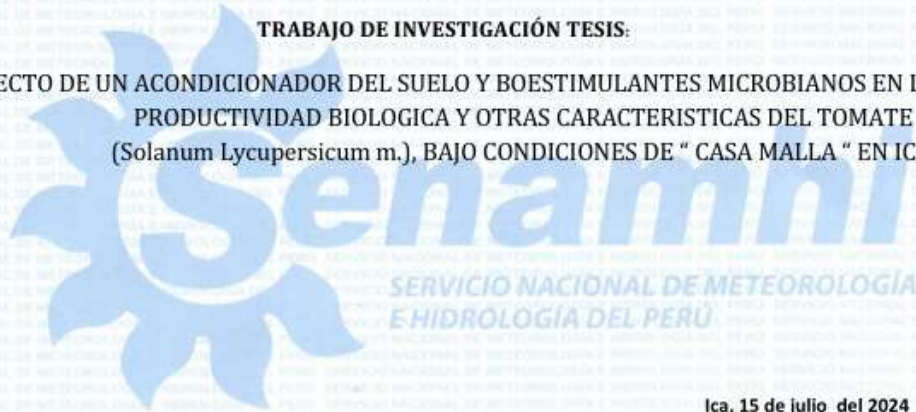
mm=lm/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA:

"MARIA MELCHORITA, ABREGU ESCATE"

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN TESIS:

- EFFECTO DE UN ACONDICIONADOR DEL SUELO Y BOESTIMULANTES MICROBIANOS EN LA PRODUCTIVIDAD BIOLÓGICA Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DEL TOMATE (*Solanum Lycopersicum m.*), BAJO CONDICIONES DE " CASA MALLA " EN ICA.



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA
E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

Ica, 15 de julio del 2024
Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación MAP- SAN CAMILO

Latitud : 14° 04' 23.7" S
 Longitud : 75° 42' 39.5" W
 Altitud : 419 msnm

Dpto. : Ica
 Provincia : Ica
 Distrito : Parcona

Parámetros : Temperatura Máxima Mensual

Periodo: 2023 - 2024

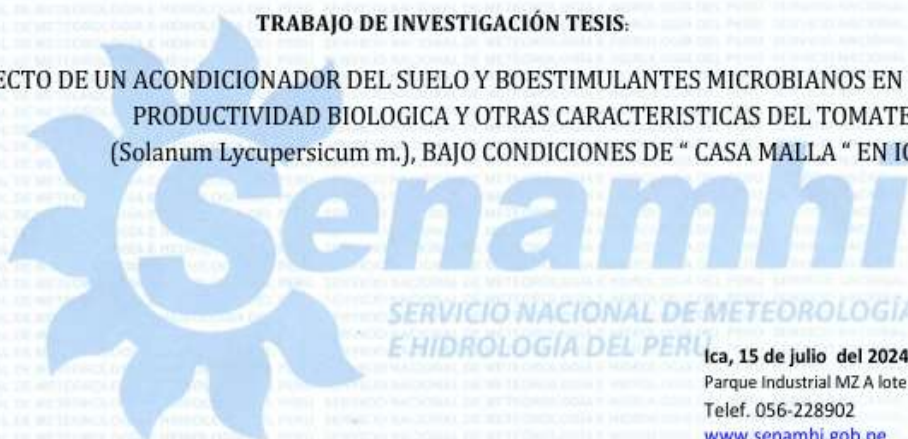
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2023										31.8	31.4	32.4
2024	33.8	34.7	34.6	32.1	29.7							

mm=lm/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: "MARIA MELCHORITA, ABREGU ESCATE"

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN TESIS:

- EFECTO DE UN ACONDICIONADOR DEL SUELO Y BOESTIMULANTES MICROBIANOS EN LA PRODUCTIVIDAD BIOLÓGICA Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DEL TOMATE (*Solanum Lycopersicum m.*), BAJO CONDICIONES DE " CASA MALLA " EN ICA.



Ica, 15 de julio del 2024
 Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
 Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

ANEXO 3

DATOS ORIGINALES DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS

PRODUCTIVIDAD BIOLÓGICA DEL TOMATE

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7
Repeticiones							
I	25,50	22,10	39,00	20,10	27,70	21,50	17,80
II	54,30	21,80	37,90	21,40	28,70	24,10	15,30
III	55,70	26,40	34,60	26,30	29,10	23,90	26,00
IV	46,30	25,20	36,30	30,20	29,00	19,20	17,20
SUMA	181,80	95,50	147,80	98,00	114,50	88,70	76,30
PROMEDIO	45,45	23,88	36,95	24,50	28,63	22,18	19,08

ALTURA DE PLANTA

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7
Repeticiones							
I	66,80	58,30	73,20	75,20	72,20	71,10	70,60
II	80,10	81,90	66,90	65,50	82,00	84,60	72,00
III	93,30	83,30	78,80	68,10	79,00	78,80	66,60
IV	106,50	86,40	73,30	82,00	91,10	81,50	61,30
SUMA	346,70	309,90	292,20	290,80	324,30	316,00	270,50
PROMEDIO	86,68	77,48	73,05	72,70	81,08	79,00	67,63

DIAMETRO DEL TALLO

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7
Repeticiones							
I	3,50	2,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00
II	5,00	2,00	3,50	2,50	3,00	3,00	3,00
III	4,50	3,00	4,00	4,00	3,00	2,20	3,00
IV	4,00	2,00	2,80	3,00	2,00	2,30	1,00
SUMA	17,00	9,00	14,30	12,50	11,00	10,50	10,00
PROMEDIO	4,25	2,25	3,58	3,13	2,75	2,63	2,50

ÁREA FOLIAR POR PLANTA

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7
Repeticiones							
I	1595	401	900	576	890	247	515
II	1064	657	756	653	1050	514	420
III	1450	552	996	700	983	725	409
IV	1569	878	647	830	791	465	509
SUMA	5679	2488	3299	2759	3714	1951	1853
PROMEDIO	1420	622	825	690	928	488	463

LONGITUD DE RAIZ

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7
Repeticiones							
I	36,70	26,40	32,30	25,20	20,70	30,10	27,00
II	33,70	20,80	33,90	24,20	22,50	26,30	24,10
III	32,90	30,90	34,10	25,20	40,80	30,60	32,70
IV	35,70	30,30	38,50	30,30	28,30	22,70	25,40
SUMA	139,00	108,40	138,80	104,90	112,30	109,70	109,20
PROMEDIO	34,75	27,10	34,70	26,23	28,08	27,43	27,30

PESO SECO PARTE AEREA

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7
Repeticiones							
I	12,80	13,60	22,10	11,60	18,50	11,80	11,60
II	37,10	12,60	25,30	12,30	16,70	13,30	10,20
III	41,20	19,50	23,50	15,70	20,80	16,40	20,80
IV	32,20	16,10	26,50	15,70	17,90	13,40	16,10
SUMA	123,30	61,80	97,40	55,30	73,90	54,90	58,70
PROMEDIO	30,83	15,45	24,35	13,83	18,48	13,73	14,68

PESO SECO RAIZ

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7
Repeticiones							
I	12,70	8,50	14,90	8,50	9,20	9,70	6,20
II	17,20	9,20	12,60	9,10	12,00	10,80	5,10
III	14,50	6,90	11,10	10,60	8,30	7,50	11,40
IV	14,10	9,10	9,80	14,50	7,20	5,80	1,10
SUMA	58,50	33,70	48,40	42,70	36,70	33,80	23,80
PROMEDIO	14,63	8,43	12,10	10,68	9,18	8,45	5,95

ANEXO 4

CARACTERISTICAS DE LOS PRODUCTOS UTILIZADOS

	FICHA TÉCNICA	Revisión: 00 Aprobado: JN Fecha: 13-01-22 Página 1 de 3
	AXIMASS	

Producto	:	AXIMASS®
Composición	:	Ácidos Fúlvicos 43.2 % p/v Carbono orgánico total 25.1 % p/v Nitrógeno total (N) 4.8 % p/v Nitrógeno orgánico (N) 2.0 % p/v Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺) 2.8 % p/v Potasio (K ₂ O) soluble en agua 3.6 % p/v
Clase de uso	:	Bioestimulante – Enmienda Orgánica
Distribuidor	:	NEOAGRUM S.A.C.

CARACTERÍSTICAS

AXIMASS® es una Enmienda orgánica con gran efecto Bioestimulante, obtenida a partir de extractos vegetales estabilizados, las cuales están conformados en gran parte por ácidos fúlvicos de alta calidad; de esa forma, se reduce al mínimo el riesgo de precipitación o de sedimentación del producto, siendo preciso su uso en cualquier sistema de riego. Su empleo constante mejora la estructura del suelo, la capacidad de intercambio catiónico y la vida microbiana del suelo.

AXIMASS® al mejorar las propiedades del suelo, consecuentemente mejora también el sistema radical de los cultivos, aumentando la actividad microbiana en la rizosfera y consiguiendo una mayor absorción de nutrientes del suelo por desbloqueo (conversión de minerales a la forma asimilable) y quelación de éstos. Por consiguiente, los cultivos presentan mayor masa vegetal, mayor contenido de materia seca, mejor respuesta ante el estrés biótico y abiótico y finalmente mayor rendimiento y calidad cosechable.

AXIMASS® no precipita en condiciones ácidas, por lo que es factible su uso en mezcla con fertilizantes edáficos solubles en los diferentes sistemas de riego, obteniéndose resultados notables en el crecimiento y rendimiento de los cultivos. También se tiene resultados favorables usándose foliarmente ya que los ácidos fúlvicos son sustancia con menor grado de humificación y estructura más pequeña que otra sustancia orgánica.

COMPATIBILIDAD

AXIMASS® es compatible con fertilizantes y soluciones nutritivas de reacción neutra y ácida. Evitar realizar mezclas con aquellos de reacción extremadamente alcalina. De cualquier forma, realizar una antes una prueba de compatibilidad.

***Bacillus* sp.**

El género *Bacillus* pertenece a la familia *Bacillaceae*, es un género que hoy en día incluye más de 60 especies de bacilos. Este género está formado por microorganismos bacilares Gram positivos, formadores de endosporas, quimiheterotrofos que normalmente son móviles y rodeados de flagelos peritricos. Son anaerobios o aerobios facultativos son catalasa positivos. Las células bacterianas de este género tienen un amplio tamaño que varía 0,5 a 2,5 μm x 1,2-10 μm . Este género se encuentra comúnmente en suelos y plantas donde tienen un papel importante en ciclo del carbono y el nitrógeno. Cuervo [55]

***Bradyrhizobium* sp.**

Bradyrhizobium sp. es una bacteria fijadora de nitrógeno que forma nódulos en las raíces de las plantas del género *Lupinus*. Esta leguminosa está ampliamente distribuida en los páramos andinos y las semillas de algunas especies como *L. mutabilis* tienen un alto contenido proteico. *Bradyrhizobium* sp. tiene un gran potencial como inoculante por lo que se trató de caracterizar cepas aisladas de nódulos radicales de *L. mutabilis* y *L. meridanus* usando como criterios: capacidad de nodulación, incorporación de materia seca, resistencia a antibióticos, formación de pigmentos y presencia de plásmidos de alto peso molecular. Gran variabilidad de estas características fue observada en las cepas aisladas de ambas especies de *Lupinus*, confirmando una vez más la gran diversidad de las poblaciones de bacterias fijadoras de nitrógeno. Sin embargo, estas características específicas pueden ser usadas para seleccionar las cepas 105, 120, 2005, 2006, 2007 y 5017 como las más eficientes y realizar con ellas pruebas como inoculantes en cultivos en el campo. Vielma [56]