



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

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

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



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



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

CONSTANCIA DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD 2024

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

"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE (*Solanum Lycopersicum L.*) EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA".

Presentado por:

GALLARDO TIPISMANA CLAUDIA MARIANA

Graduado del nivel Pregrado de la Facultad de Agronomía. El resultado obtenido es 09% de similitud (Nueve por ciento de similitud) por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO

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

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

Observaciones:

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

(15.5 La exclusión de cadenas sintácticas cortas proceden para evitar que, frases habituales o de conexión, sean reportadas como similitudes. La longitud de las cadenas excluidas no debe superar las cuar

Ica, 18 de octubre de 2024

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

ROSA ISABEL ZEVALLOS TORRES
Operador del Programa Informático iThenticate

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"

VICE RECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



Efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfoproductivos del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la zona media del valle de Ica.

Línea de investigación

Ciencias naturales, Ingeniería y Tecnologías sostenibles.

INFORME FINAL DE TESIS

CLAUDIA MARIANA, GALLARDO TIPISMANA

Para Optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Ica, Perú

2024

DEDICATORIA

A MIS PADRES MARIA Y MIRCO:

Les dedico con mucho amor este importante logro por inculcarme el deseo de triunfar y superarme.

A MI ABUELA ELENA:

Por su apasionado carácter e inteligencia, por sus cuidados y cariño al criarme, su amor y por inspirarme a luchar en los momentos difíciles.

A MI FAMILIA:

Esta tesis se la dedico con mucho cariño por su apoyo incondicional y su presencia que ha sido fundamental.

GALLARDO TIPISMANA, CLAUDIA MARIANA

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, Alma Mater de mi formación profesional, así como a los docentes de la **Facultad de Agronomía** quienes compartieron sus conocimientos y experiencia durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A la Dra. Luz Marina Espinoza de Arenas, Asesora de la presente tesis, por su valiosa orientación y acompañamiento durante todo el proceso de realización de la presente tesis.

A la Dra. Doris Zúñiga Dávila, Asesora externa, docente principal de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por permitirme ser parte del interesante proyecto que lidera en el cultivo de tomate.

Al Ing. Mag. Guillermo Espino Tipismana, por su valiosa colaboración, en la fase de campo de la presente investigación.

Al Ing. Mag. Pedro Antonio Aquije Gómez, por su valiosa colaboración y orientación oportuna durante la fase de campo.

Al Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología del Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por proporcionar los inoculantes microbianos utilizados en esta investigación.

Al Proyecto “Producción de un inoculante bacteriano a nivel semiindustrial y aplicación de un inoculante micorrízico para el manejo sostenible del tomate en Ica y Lima”, por el financiamiento de la presente investigación, en el marco del contrato N° PE501078272-2022-PROCIENCIA

INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
Carátula	i
Dedicatorias	ii
Agradecimientos	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	01
1.1 Aspectos científicos vinculados a la investigación	02
1.2 Antecedentes de la investigación	07
1.3 Descripción de la realidad problemática	12
1.4 Justificación e Importancia de la investigación	13
1.5 Objetivos de investigación	15
1.6 Hipótesis de investigación	15
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	15
2.1 Ubicación del campo experimental	16
2.2 Análisis de suelo	16
2.3 Análisis nematológico del suelo	18
2.4 Observaciones meteorológicas	18
2.5 Material biológico	19
2.6 Tratamientos en estudio	20
2.7 Tipo y Nivel de la investigación	21
2.8 Diseño de la investigación	21
2.9 Población y Muestra del estudio	21
2.10 Diseño experimental	21
2.11 Características del campo experimental	21
2.12 Metodología de la aplicación de los tratamientos	23
2.13 Conducción del experimento	24
2.14 Características evaluadas	28
2.15 Procesamiento de la información	29
III. RESULTADOS	30
IV. DISCUSIÓN	40
V. CONCLUSIONES	44
VI. RECOMENDACIONES	45
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
VIII. ANEXOS	52

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Producción, superficie cosechada y rendimiento de tomate en principales departamentos	2
Tabla 2	Análisis físico – mecánico del Suelo	16
Tabla 3	Análisis químico del suelo	17
Tabla 4	Análisis nematológico del Suelo	18
Tabla 5	Observaciones meteorológicas de mayo a octubre de 2023	18
Tabla 6	Tratamientos en estudio	20
Tabla 7	Cronograma de manejo fitosanitario del cultivo de tomate	27
Tabla 8	Cronograma de aplicaciones foliares	28
Tabla 9	Análisis de varianza de la altura de planta a los 30 ddt en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfo-productivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	30
Tabla 10	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la altura de planta a los 30 ddt en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfo-productivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	30
Tabla 11	Análisis de varianza del contenido de clorofila de hojas a los 55 ddt en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfo-productivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	31
Tabla 12	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del contenido de clorofila de hojas a los 55 ddt en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfo-productivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	31
Tabla 13	Análisis de varianza del peso seco foliar antes de la primera cosecha en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfo-productivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	32
Tabla 14	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco foliar antes de la primera cosecha en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfo-productivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	32
Tabla 15	Análisis de varianza del peso de frutos de la primera cosecha en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfo-productivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	33
Tabla 16	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de frutos de la primera cosecha en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfo-productivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	33
Tabla 17	Análisis de varianza del peso de frutos de calibre 1 en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfo-productivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	34

Tabla 18	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de frutos de calibre 1 en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	34
Tabla 19	Análisis de varianza del peso de frutos de calibre 2 en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica	35
Tabla 20	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de frutos de calibre 2 en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	35
Tabla 21	Análisis de varianza del peso de frutos de la segunda cosecha en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica	36
Tabla 22	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de frutos de la segunda cosecha en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	36
Tabla 23	Análisis de varianza del peso de frutos de la tercera cosecha en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	37
Tabla 24	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de frutos de la tercera cosecha en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	37
Tabla 25	Análisis de varianza del peso total de frutos cosechados en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	38
Tabla 26	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso total de frutos cosechados por planta en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	38
Tabla 27	Análisis de varianza del porcentaje de germinación de semillas post cosecha en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	39
Tabla 28	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del porcentaje de germinación de semillas post cosecha en el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica.	39

INDICE DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 1	Croquis experimental	22
Figura 2	Demarcación del terreno	59
Figura 3	Inoculación micorrícica	59
Figura 4	Inoculación y trasplante de plantines	59
Figura 5	Dilución de <i>Bacillus</i> sp.	59
Figura 6	Aplicación de <i>Bacillus</i> sp.	59
Figura 7	Planta aplicada con <i>Bacillus</i> sp.	59
Figura 8	Aplicación de fertilizante	60
Figura 9	Toma de altura de la planta	60
Figura 10	Medición de clorofila	60
Figura 11	Aplicación de biol	60
Figura 12	Protección del campo experimental	60
Figura 13	Peso de frutos por calibre	61
Figura 14	Primera cosecha y su clasificación por calibre	61
Figura 15	Segunda cosecha de una planta	61
Figura 16	Muestra para análisis de laboratorio	61
Figura 17	Tercera cosecha de una planta	61

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación de dos inoculantes micorrícicos solos y combinados en los caracteres morfoproductivos del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el valle de Ica, se planificó la presente investigación evaluando cinco tratamientos: T1= micorriza 1 (GWI), T2= micorriza 2 (GFI), T3= (micorriza 1 + micorriza 2) , T4= testigo fertilizado y T5= testigo NK50%P, en el diseño en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, durante los meses de mayo a octubre del año 2023, en un suelo de textura arenosa, bajo contenido de materia orgánica y nitrógeno total, reacción alcalina, libre de sales, contenido bajo en fosforo, baja capacidad de intercambio catiónico con contenido medio de los iones Magnesio y Potasio, aunque alto en Calcio, y la temperatura mensual media promedio fue de 20.6 °C . Las inoculaciones se realizaron durante el trasplante y las variables evaluadas fueron la altura de planta a los 30 ddt, contenido de clorofila a los 55 ddt, peso seco foliar antes de la primera cosecha, peso de frutos por planta (g), peso de frutos por calibre por planta (g), rendimiento total por planta (kg) y porcentaje de germinación postcosecha. En la mayoría de variables morfológicas no se encontró diferencia significativa para las plantas del híbrido de tomate Tyrant, entre los tratamientos evaluados; sin embargo, en el rendimiento de frutos de tomate en las tres cosechas realizadas, destacaron T1 y T3, con rendimientos de 71.13 y 57.48 ton/ha, respectivamente; superando significativamente a T5 (NK 50%P) que obtuvo 46.73 ton/ha, Se concluye que hubo un efecto significativo de la inoculación micorrícica de T1(M1 GWI), solo y combinado con T2 (M2 GFI) en el producto cosechado de tomate.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, tomate, inoculantes micorrícicos, micorrizas.

ABSTRACT

In order to determining the effect of the application of two mycorrhizal inoculants alone and combined on the morphoproductive characters of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in the Ica valley, the present investigation was planned evaluating five treatments: T1= mycorrhiza 1 (GWI), T2= mycorrhiza 2 (GFI), T3= (mycorrhiza 1 + mycorrhiza 2), T4= fertilized control and T5= NK 50%P control, in the completely randomized block design with four repetitions, during the months of May to October of the year 2023, in a soil with a sandy texture, low content of organic matter and total nitrogen, alkaline reaction, free of salts, low phosphorus content, low cation exchange capacity with medium content of Magnesium and Potassium ions, although high in Calcium, and the average monthly temperature was 20.6 °C. The inoculations were carried out during transplanted and the variables evaluated were plant height at 30 dat, chlorophyll content at 55 dat, leaf dry weight before the first harvest, fruit weight per plant (g), fruit weight by size per plant (g), total yield per plant (kg) and postharvest germination percentage. In most morphological variables, no significant difference was found for the Tyrant tomato hybrid plants between the evaluated treatments; However, in the yield of tomato fruits in the three harvests carried out, T1 and T3 stood out, with yields of 71.13 and 57.48 tons/ha, respectively; significantly surpassing T5 (NK 50%P) that obtained 46.73 ton/ha. It is concluded that there was a significant effect of mycorrhizal inoculation of T1 (M1 GWI), alone and combined with T2 (M2 GFI) on the harvested tomato product.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, tomato, mycorrhizal inoculants, mycorrhizae

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L. var. *lycopersicum* [sinónimo: *Lycopersicon esculentum* Mill.]) es considerado un alimento funcional o bien, saludable, debido a las propiedades beneficiosas sobre la salud que le han sido atribuidas. Este efecto protector se ha atribuido principalmente a un componente bioactivo denominado licopeno Ried y Fakler [1]. Pero además de licopeno, los tomates contienen otros compuestos bioactivos tales como el ácido ascórbico, tocoferol, β -caroteno, ácidos fenólicos, flavonoides, folatos, fibra, y otros menos conocidos como esculeosido A, fitoeno y fitoflueno, los cuales tras diversas investigaciones científicas parecen tener algún efecto positivo sobre la salud.

Diversos estudios clínicos, han mostrado un efecto saludable de los productos alimenticios a base de tomate en la dieta y otros estudios in vitro e in vivo han descrito el efecto beneficioso de los compuestos bioactivos más abundantes presentes en el tomate o sus derivados. Por otro lado, también se cree que estos compuestos tienen un efecto sinérgico, es decir, en conjunto, estos compuestos forman una red compleja que parece ser la responsable de los efectos observados sobre la salud humana.

Debido a la asociación entre los compuestos bioactivos presentes en el tomate y el efecto de su consumo atribuidos sobre la salud humana, es importante enumerar sus principales compuestos bioactivos y tener en cuenta su impacto sobre la salud para determinar o intentar aclarar si el tomate es un alimento funcional o simplemente es saludable como la mayoría de los alimentos del reino vegetal.

El tomate contiene minerales y oligoelementos tales como Na, K, Ca, Mg, Cu, Mn y Zn, de los que algunos son cofactores de antioxidantes enzimáticos y otros poseen funciones biológicas dispares. Los microelementos contenidos en el tomate, al igual que otros compuestos, están influenciados por las prácticas agronómicas y por la variedad [2].

El tomate es buena fuente de fibra dietética, encontrándose principalmente en la piel. El contenido de fibra dietética total de la piel es del 84% con la siguiente distribución: 71% insoluble y 14% soluble. En el fruto del tomate íntegro, el rango de fibra dietética total varía entre el 21 al 27%. Por tanto, el tomate es una buena fuente de fibra y el efecto beneficioso que aporta al organismo su consumo fue observado por diversos investigadores y más tarde, estos beneficios, fueron corroborados por otros investigadores. Un alto consumo de fibra dietética se asocia con una menor incidencia de trastornos y enfermedades comunes en las sociedades desarrolladas, tales como trastornos crónicos intestinales, estreñimiento, diabetes, enfermedades cardiovasculares, obesidad, hipertensión, diverticulitis y cáncer colorrectal.

Entonces, la importancia del consumo de tomate para la salud humana es muy evidente; por lo que es necesario realizar diversas investigaciones para mejorar la producción sostenible de este

cultivo hortícola, de gran importancia en la dieta alimenticia, sobre todo utilizando innovaciones biotecnológicas que permitan lograr cosechas más sanas y cada vez menos dependientes de insumos químicos contaminantes.

1.1 Aspectos científicos vinculados a la investigación

El cultivo de tomate

Como refiere el MINAM [3], el tomate cultivado, tiene su origen en el Perú; sin embargo, no existe evidencia del ancestro silvestre tal como se le conoce ahora; por lo que se cree que deriva de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme, que es nativo de la Amazonía y que fue llevado a México de donde llegó a Europa, siendo uno de los principales cultivos alimenticios consumidos por la población mundial. Sostiene además que, en el Perú se encuentran 13 especies de tomate silvestre, distribuidas a lo largo de la costa y andes centrales; sólo dos especies están en las Islas Galápagos. *Solanum Lycopersicum* var. cerasiforme, que es la forma originaria y nativa del tomate cultivado, se encuentra en la selva y ceja de selva.

En el Perú, el tomate para consumo en fresco se produce durante todo el año por pequeños y medianos agricultores, concentrándose en el departamento de Lima. En el año 2020, a nivel nacional, se cosecharon alrededor de 4 837 hectáreas de tomate, de las cuales, en Ica fueron 1 031.50 ha, en Lima 929.50 ha y en Arequipa 714.00 ha, con una producción total de 203 780 t, y un rendimiento promedio de 42.13 t/ha, siendo Ica el de mayor rendimiento promedio con 103.52 t/ha, seguido por Arequipa con 49.48 t/ha y Lima con 28.42 t/ha (Tabla 1). Los altos rendimientos alcanzados en el departamento de Ica, se explican por la presencia de la empresa agroindustrial ICATOM desde el año 1995 cultivando tomates para procesamiento industrial, tal es el caso que, en el año 2020, sembró aproximadamente 578 hectáreas, con rendimientos que alcanzaron las 131 t/ha, según SIEA [4].

TABLA 1
PRODUCCIÓN, SUPERFICIE COSECHADA Y RENDIMIENTO DE TOMATE EN
PRINCIPALES DEPARTAMENTOS

Departamento	Producción (t)	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento promedio (t/ha)
Ica	115 196	1 121	102
Lima	14 021	423	32
Arequipa	42 897	857	50
Lambayeque	3 191	137	23
La Libertad	10 385	340	31

Nota: Datos extraídos de SIEA (2023).

Vigliola [5], reporta que el tomate se originó en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile, pero parece que fue domesticado en México, probablemente porque crecía como una maleza en los terrenos. Es una de las hortalizas más cultivadas en todo el mundo por su alta demanda en mercados internacionales, debido a que sus bayas se consumen de forma directa o procesada. Flores et al. [6], reportan que el tomate se cultivó en la zona del norte del Perú desde las épocas prehispánicas y que hasta la actualidad sus variedades se extienden en todo Sudamérica. Jones [7], señala que el tomate, (*S. lycopersicum* L) pertenece a la grande e importante familia de las Solanáceas, y que, el género *Lycopersicum* se caracteriza por sus estambres únicos con dehiscencia alargada que lo hace diferente de otros géneros de la familia.

Por su parte, Castellanos [8], menciona que el tomate es una baya plurilocular que se desarrolla a partir del ovario. Mide entre los 2 - 20cm y el peso oscila de 5 gramos hasta los 500 gramos. Su color puede variar de rojo intenso a rosado amarillento. La maduración del fruto varía entre 60 - 70 días. Además de poseer un alto valor nutritivo por el alto contenido de vitamina A en forma de carotenoides provitamina A y vitamina C.

Navarro-González y Periago [9], en su revisión bibliográfica científica sobre la presencia de compuestos bioactivos en tomate y derivados, y la función de estos compuestos para promover la salud del organismo humano señalan que diferentes estudios científicos muestran que el tomate y sus derivados contienen diversos tipos de moléculas, algunas con actividad antioxidante, que actúan protegiendo a lípidos, lipoproteínas, ADN, etc. Esta función tendría que ver con su consumo y la protección de enfermedades degenerativas y crónicas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, enfermedad de Parkinson, etc. Por otro lado, estudios epidemiológicos asocian que el asiduo consumo de tomate, tiene diferentes efectos beneficiosos sobre la salud.

Sobre los requerimientos de suelo, Allende [10] afirma que debido a que la planta de tomate es rustica, es poco exigente a las condiciones del suelo; su raíz se desarrolla a unos 40 cm de profundidad como mínimo; asimismo puede ser cultivado en suelos arcillosos y arenosos, lo que sí es requerido es un suelo con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica. La planta requiere un pH de 6 – 6.5 para un correcto desarrollo y absorción de nutrientes, aunque es un factor posible de manejar. La salinidad tolerada por el tomate en el agua de riego como en el suelo es de 3 dS/m sin presentar reducción en su producción.

Jaramillo et al. [11], señalan que el fruto del tomate es una fuente rica de vitaminas A, B1, B2, B6, C y E, y de minerales como fosforo, potasio, magnesio, zinc, sodio, hierro y calcio. El tomate es rico en licopeno, que se considera que es el más potente de los antioxidantes, que puede prevenir y combatir el cáncer o enfermedades degenerativas, porque protege las

células de los efectos de oxidación. De la misma forma, indica que, el tomate posee también glutatión, antioxidante que ayuda a depurar productos tóxicos del organismo. Su consumo estimula el sistema inmune, disminuye el riesgo de desarrollar cáncer, es remineralizante y desintoxicante; por lo que es muy recomendable su consumo porque contribuye con la mejora de la salud humana.

Con respecto a la época de siembra del tomate, el MIDAGRI [12] y AGRORURAL [13], señalan que es en los meses de septiembre – octubre, con un ciclo vegetativo de 135 – 150 días, con un rendimiento estimado por hectárea es de 50 – 60 toneladas; para lo cual el tomate requiere extraer 180 kg/ha N, 138 kg/ha P₂O₅, 348 kg/ha K₂O, 233 kg/ha CaO, 69 kg/ha MgO, y se recomienda realizar un abonado de 750 – 1500 kg/ha de guano de isla, el cual puede cubrir parte del requerimiento de N-P-K; que se debe complementar con una cantidad adecuada de fertilizantes químicos, de acuerdo con el análisis químico del suelo que previamente se debe realizar.

El tomate es un cultivo de estaciones cálidas y su temperatura óptima para su desarrollo es de 18 – 30 °C por ello los climas secos con temperaturas moderadas son óptimos para que el cultivo de tomate prospere. Las temperaturas extremas suelen ocasionar trastornos como la malformación de flores cuando las temperaturas son bajo 10°C o la malformación de frutos cuando las temperaturas son mayores a 35°C, aunque el uso de nuevas variedades nos permite cultivarlo en condiciones adversas. Señala además que la humedad requerida esta entre 60% y 80%, cuando es muy elevada el polen se compacta ocasionando aborto incluso propicia el desarrollo de enfermedades y puede generar estrés hídrico expresándose como agrietamientos de fruto o rajado [10].

Respecto a la luminosidad, el tomate requiere como mínimo seis horas diarias de luz directa para florecer, en caso las horas sean disminuidas la floración y la fecundación serán afectadas negativamente, no obstante, la intensidad de radiación si es un factor crítico dado que si es alta puede producir partiduras, golpes de sol, coloración irregular, etc. Asimismo, Nuez [14], señala que el cultivo de tomate requiere de mucha luminosidad tanto para su desarrollo vegetativo, como para el cuajado, maduración y coloración del fruto. Es un cultivo que requiere de una mayor radiación para que pueda realizar una buena fotosíntesis; sin embargo, la baja iluminación ocasiona que la polinización sea insuficiente y el tamaño de fruto tengo menor tamaño.

Las micorrizas

Las asociaciones micorrízicas (AM) son relaciones simbióticas entre las raíces de las plantas y los hongos del suelo; estas asociaciones se encuentran en todos los ecosistemas

terrestres, desde los polos hasta los desiertos, y se estima que más de 80% de las plantas presentan este tipo de asociación [15].

Cano [16], se refiere a los aportes benéficos importantes que tiene la inoculación de micorrizas para las plantas, ya que éstas estimulan el crecimiento y suprimen las enfermedades. Indica que, debido a los aportes de agua y nutrimentos, además de la solubilización de compuestos orgánicos y producción de metabolitos secundarios por parte de microorganismos formadores de micorrizas, ocurre una interesante estimulación del crecimiento vegetal.

Sobre los hongos micorrícicos arbusculares (AMF), Zhu et al. [17], señalan que son microorganismos que establecen relaciones simbióticas con las raíces de las plantas, lo que aporta al crecimiento y desarrollo de las plantas hospederas, así como su capacidad para resistir estreses bióticos como ataques de bacterias, hongos, virus, nematodos y plagas herbívoras y abióticos externos como salinidad, sequia, metales pesados y estrés por temperatura. Indican que los AMF, son un importante recurso microbiano del suelo y que como resultado de diversos ensayos, encontraron que la inoculación de AMF mejoró la capacidad de plantas hospedantes para resistir diversos estreses.

Las micorrizas son una asociación simbiótica entre raíces de plantas superiores y ciertos grupos de hongos del suelo. Esta simbiosis consiste en que el hongo coloniza la corteza de la raíz para obtener carbono a partir de la planta hospedera, mientras le ayuda a la planta a tomar fósforo y otros nutrientes minerales del suelo, como señalan Serralde y Ramírez [18]; por otro lado, Carrillo-Saucedo et al. [19], al referirse a esta asociación simbiótica entre los hongos micorrícicos y las raíces de las plantas, sostienen que, la planta intercambia fotosintatos por nutrientes, que el hongo obtiene del suelo, como nitrógeno y fósforo. Indican además que, las plantas micorrizadas son más resistentes a la infección por patógenos, toleran mejor el estrés, y además promueven la conservación del suelo.

La función principal de esta asociación simbiótica es el intercambio de nutrientes, en el cual, por un lado, la planta le da al hongo carbono adquirido vía fotosintética y por otro, el hongo ofrece principalmente nitrógeno y fósforo, Smith y Read [20].

Las micorrizas se han clasificado en base a su estructura morfológica y modo de infección en dos tipos principales: ectomicorrizas y endomicorrizas. Este último es el tipo más extendidas en la naturaleza, cuya característica principal es que sus hifas penetran en el interior de las células de la epidermis de la raíz. Dentro de las endomicorrizas se distinguen tres subgrupos: Ericoides, Orquidáceas y las Arbusculares, que son las más comunes entre especies de interés agronómico, aproximadamente entre 70 – 90% de estas. Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) se caracterizan por una ramificación

dicotómica repetida una vez que han penetrado en las células de la epidermis de la raíz y la formación de arbusculos (estructuras con forma de árbol), como indica Franco [21].

Por su estructura, las micorrizas se clasifican en dos grupos principales: endomicorrizas y ectomicorrizas [20]. Las endomicorrizas son aquellas donde el micelio penetra tanto intra como intercelularmente en las células corticales de las raíces, p. ej., los hongos micorrízicos arbusculares del Phylum Glomeromycota [15]. Por otro lado, las ectomicorrizas presentan un micelio que envuelve la raíz y forma un manto p. ej., algunos hongos de los Phylum Basidiomycota, Ascomycota y Mucoromycota [20].

También es importante resaltar que el uso de HMA como herramienta biotecnológica en la agricultura es de gran importancia debido a que su uso facilita a la planta la toma de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo, evita la acción de patógenos, aumenta la tolerancia a stress abiótico, entre otros beneficios los cuales dan ventajas a comparación de plantas no micorrizadas, por ello contribuye a mejorar el nivel nutricional de la planta y esto se expresa en mayor peso seco, crecimiento y área foliar de las plantas, como expresa Barrer [22].

Los métodos de inoculación de HMA se componen de los siguientes pasos: A) colecta de esporas; B) propágulos micorrízicos; C) aislamiento e identificación; D) lavado y desinfección de esporas; E) propagación de esporas en laboratorio; F) producción masiva de la fuente de inóculo y, G) inoculación y producción en plantas de viveros. Los detalles de cada paso varían en relación con la especie de hongo y de la planta de interés a inocular Bagyaraj y Stürmer [23].

Muñoz [24], señala que, al incorporar micorrizas en los cultivos, se debe tener especial atención en la aplicación de fósforo entre 10 y 15 días post inoculación para no ralentizar el proceso de micorrización. Sugiere que es recomendable reducir la cantidad de fósforo o incluso, restringirlo; ya que, si bien es cierto que el fósforo no va a destruir al hongo micorrízico, si la planta detecta altas cantidades de fósforo disponible, no secretará estrigolactona, una fitohormona que entre sus funciones activa la germinación de la espóra, y no va a iniciar la micorrización. Por su parte, Bago [25], explica que es importante crear condiciones para que la planta necesite generar la simbiosis; siendo preferible las condiciones de estrés; ya que, en condiciones óptimas, la planta tiene los nutrientes a disposición y el proceso de micorrización le significa una demanda de recursos. Señala que: si la planta tiene fósforo, ¿para qué se va a micorrizar si tiene todo disponible? Entonces, lo que se debe hacer es generarle un poco de hambre para que entienda que se “debe” micorrizar, y luego, se le dará el fósforo.

1.2 Antecedentes de la investigación

1.2.1 Antecedentes internacionales

Terry y Leyva [26], reportan que evaluaron la efectividad de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en el crecimiento, desarrollo, rendimiento y colonización del tomate, en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba, en un suelo Ferralítico Rojo lixiviado (Udic Rhodustalfs); los tratamientos consistieron en inoculación y/o coinoculación de la micorriza y la rizobacteria, bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada. Señalan que los resultados mostraron un efecto positivo de la coinoculación en el crecimiento de las plántulas, siendo la altura superior en un 23%; también se logró una eficiencia del 40% respecto a la fertilización nitrogenada, lo cual no afectó el estado nutricional de las plantas ni el rendimiento agrícola. La coinoculación potenció además la población de ambos microorganismos en la rizosfera del cultivo.

Orna [27], en un invernadero del Cantón Chambo, Ecuador, determinó el efecto de las micorrizas en la fertilización fosfórica del cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero, buscando la mejor época de aplicación de las micorrizas y, comparar económicamente los tratamientos. en un diseño BCA, con un arreglo de parcelas divididas y cuatro repeticiones. Los factores en estudio fueron: la fertilización fosfórica y la época de aplicación de micorrizas, utilizando EcoFungi como fuente de éstas. Solo se presentó diferencias significativas en la altura de la planta, como resultado de la época de aplicación de las micorrizas a los 15 días posteriores al trasplante. La mayor altura se logró con el tratamiento en que se aplicó las micorrizas en el semillero y en el trasplante; para la variable número de frutos por planta los mejores resultados fueron con la inoculación de micorrizas en el semillero y en el trasplante, más la adición de fertilización fosfórica provocando de esta manera una mayor producción y rentabilidad. Demostrando el efecto positivo de la aplicación de la fuente de micorrizas en la producción de tomate riñón bajo invernadero.

En la investigación realizada por Fernández et al. [28] en el área central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Cuba, se aplicaron tres tratamientos en plantas de tomate variedad Amalia inoculando las semillas con el inoculante sólido Ecomic (*Glomus fasciculatum*), LicoMic (INCAM 4, *Glomus* sp) y un tratamiento con inoculante semilíquido se aplicaron previamente a la siembra al suelo rizósferico a una dosis de 20 esporas.planta-1. El tratamiento con LicoMic tuvo en la producción en valor absoluto un 10% superior. Los tratamientos aplicados con micorrizas tuvieron mejores resultados comparados con el control, asimismo la

variable de frutos por planta expresó el efecto positivo que tiene la inoculación en el rendimiento de cultivo de tomate.

Durand et al. [29], refieren que realizaron una investigación en condiciones controladas en Costa Rica, ubicada en el municipio El Salvador, utilizando cuatro tratamientos a base de abonos orgánicos y micorrizas, con el objetivo de evaluar la productividad y crecimiento de *Solanum lycopersicum* (tomate). Informan que, como resultado de las variables evaluadas, destacó la aplicación de micorrizas y humus de lombriz, concluyendo que el uso del biofertilizante micorriza favoreció el crecimiento tanto en el número de hojas, longitud y grosor del tallo, además de la productividad en el tomate de variedad HA-3108.

En el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, en el municipio de Rio Bravo, Tamaulipas, México, Alvarado et al. [30] realizaron un estudio con el objetivo de conocer los efectos de la inoculación micorrícica (1g.planta⁻¹) al momento del trasplante en el híbrido de tomate "El Cid". La simbiosis producida por la inoculación en las plantas de tomate fue efectiva y se manifestó en todas las variables que se evaluaron. El contenido de clorofila y la altura de las plantas de tomate inoculadas tuvieron un aumento de 12% a comparación de las plantas testigo, además la inoculación alzo 30% la producción con un diferencial de 5.06 kg.m⁻² debido a que incrementó en 5.5 mm la longitud del fruto, 5.4 mm en el diámetro, 29.7 g. fruto⁻¹ en el peso y 0.9 kg.m⁻² el rendimiento por corte. Concluyeron que la inoculación promovió el mayor tamaño y peso del fruto y esto se expresa en el incremento de 30% en la producción acumulada de fruto.

Bowles et al. [31], en su trabajo de investigación aplicó hongos arbusculares micorrícicos en tomate en condiciones de estrés hídrico en condiciones de campo, encontrando como resultado que la asociación con hongos arbusculares micorrícicos aumento la capacidad de absorción de agua, nutrientes y carbono del suelo la biomasa de frutos rojos secos y frescos de tomate que por consecuencia incremento el rendimiento en ~25% en dos tipos de riego. Señalan que las plantas de tomate micorrícico genotipo 76R presentaron concentraciones más altas de nitrógeno y fósforo en concentraciones de 5% y 24% respectivamente, su suelo tenía carbono orgánico extraíble del suelo ligeramente más alto.

Mujica et al. [32], señalan que evaluaron la respuesta productiva del cultivo de tomate, variedad Amalia, a la aplicación de inoculantes micorrícicos del género *Glomus* por dos vías diferentes de inoculación: sólido y líquido; en las áreas experimentales del Departamento de Servicios Agrícolas del Instituto Nacional de

Ciencias Agrícolas (INCA), La Habana. Reportan que obtuvieron cuatro dosis de inoculantes líquidos que se conservaron en refrigeración 15 días antes de su aplicación (DAA). La inoculación se realizó en la etapa de semillero, 7 días después de la germinación (DDG). Informan que a los 30 y 55 días después del trasplante (DDT) y en la cosecha fueron evaluadas algunas variables del crecimiento: masa seca foliar, altura de las plantas y rendimiento agrícola. Los resultados mostraron que el inoculante líquido tuvo un efecto positivo sobre los indicadores de crecimiento y el rendimiento del tomate.

Mujica [33], realizaron una investigación durante dos años consecutivos (2010 y 2011) en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cultivar Amalia) e inoculantes micorrizogenos. Las inoculaciones fueron con la especie *Glomus cubens*, La primera inoculación fue sólida se aplicó en etapa de semillero con una dosis de 2 g planta⁻¹ y la segunda fue líquida 2 ml-planta⁻¹. Las variables que se evaluaron son la altura de la planta (cm), número de flores, número de frutos y rendimiento (t ha⁻¹). El resultado fue el adelanto de la floración en plantas inoculadas teniendo 5 días de diferencia a comparación del tratamiento testigo, además, a pesar de las condiciones climáticas en las que se realizó la investigación los tratamientos inoculados obtuvieron rendimientos superiores comparados con el testigo. Concluyen que los efectos de la biofertilización con HMA en el cultivo de tomate fueron positivos tanto en la aplicación sólida como en la líquida teniendo rendimientos favorables del cultivo, asimismo destacó su efecto positivo en la tolerancia del cultivo al estrés abiótico.

Rodríguez et al. [34], señalan que en La Habana, Cuba realizaron un estudio comparativo del comportamiento de seis cepas de hongos micorrízicos arbusculares HMA: *Glomus fasciculatum*, *G. clarum*, *G. mosseae*, *Glomus sp.1*, *G. intraradices* y *Acaulospora scrobiculata*, en tomate variedad “Amalia”, con el objetivo de evaluar las diferencias existentes en los patrones de colonización de las distintas cepas y seleccionar la más promisoría para este cultivo en las condiciones estudiadas. Como resultado, encontraron un efecto positivo de la inoculación sobre las plántulas de tomate con respecto a los controles, expresado en los indicadores agronómicos y fúngicos estudiados, mostrando además respuestas diferenciadas de las plántulas de tomate en función de las cepas de HMA inoculadas, con relación a las actividades enzimáticas, destacándose la cepa *Glomus fasciculatum* como la más efectiva para esta interacción en las condiciones estudiadas.

Arias et al. [35], evaluaron la efectividad de la inoculación de hongos micorrízicos y solubilizadores de fósforo (solos y en consorcios) sobre la micorrización, el contenido de fósforo en la parte aérea, la altura, y longitud de la raíz de las plantas de jitomate.

Los tratamientos incluyeron tres cepas de hongos solubilizadores (*Aspergillus niger*, *Penicillium brevicompactum* y *Penicillium waksmanii*), un consorcio de micorrizas y todas sus posibles combinaciones incluyendo un testigo (sin hongos). Los resultados obtenidos demostraron un rango de colonización del 48-66%; los valores más altos se detectaron con los tratamientos de HMA y HMA + An. Los tratamientos consorcios de HSF y HSF + HMA exhibieron 191% de incremento del fósforo foliar respecto a los testigos. Los consorcios de hongos solubilizadores de fósforo en combinación con el consorcio de hongos micorrízicos tienen un alto potencial para ser utilizados como biofertilizantes de jitomate en invernadero.

1.2.2 Antecedentes nacionales

Quispe [36], realizó su trabajo de investigación en Huaraz, Ancash, que consistió en aplicar cinco tratamientos a plantas de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.); de los cuales T1, T2, T3 consistió en aplicar 15, 10 y 5 g del complejo de hongos micorrízicos, el tratamiento T4 consistió en aplicar fertilización química y tratamiento T5 fue el control o testigo. Señala que, de acuerdo a los resultados obtenidos, se tuvo que las plantas a las cuales se les aplicó el complejo de hongos micorrízicos presentaron mejores atributos morfológicos en comparación con el tratamiento fertilizado y con el control.

Cotrina [37], evaluó la eficacia de la inoculación de micorrizas en el suelo para mejorar la productividad de *Solanum lycopersicum* en Huarochirí, probando cinco tratamientos: 10, 15, 20 y 25 gramos de micorrizas y un testigo absoluto. Como resultado obtuvo que el tratamiento de 20 gramos de micorrizas/parcela fue la que tuvo la óptima cantidad de macronutrientes y micronutrientes para que la planta tenga un mejor desarrollo, destacando con el contenido de 0.028 mg/g Potasio, 0.022 mg/g Fosforo, 0.019 mg/g Magnesio, 0.010 ppm Cobre, 0.0039 mg/g Hierro y aumento el contenido de MO en el suelo teniendo como resultado 1.5%.

Luna et al. [38], refieren que, evaluaron el efecto de la aplicación de hongos micorrízicos en el rendimiento de dos variedades de papa (Imilla negra y Compis) a 3800 msnm en el altiplano de Puno – Perú. Utilizó cinco dosis diferentes que aplicó sobre el tubérculo teniendo como resultado un rendimiento superior en tratamientos con HMA, con 7.02% en la variedad Imilla negra y 5.97% en la variedad Compis en comparación con el testigo. Como conclusión, señalan que los hongos micorrízicos usados en la agricultura pueden servir como una alternativa orgánica de los fertilizantes y pesticidas químicos, como lo comprobaron en el cultivo de papa de la familia del tomate.

Castañeda et al. [39], realizaron una investigación sobre los efectos de la simbiosis de micorrizas y el biocarbon en plantas de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme) en el invernadero del Departamento de Biología de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. El experimento se realizó utilizando arena estéril, biocarbon y dos inóculos de hongos nativos Glomeromycota: de un humedal y de un campo en barbecho. Los tratamientos que tuvieron inoculación con hongos Glomeromycota con o sin carbón fueron favorecidos teniendo mayor diámetro polar como peso seco/fruto a comparación del Testigo. Las plantas de tomate que inocularon con hongos Glomeromycota, y que además fueron cultivados con biocarbon de cascara de arroz, mostraron efectos positivos en la altura de la planta, la clorofila, el número de frutos, el peso fresco/fruto, el rendimiento y la producción de polifenoles.

Ramos et al. [40], refieren que en el invernadero del Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Trujillo, evaluaron el efecto de NaCl y *Rhizophagus irregularis* sobre el crecimiento de plántulas de tomate en condiciones de invernadero; para lo cual, trataron plántulas de tomate con tres concentraciones de inóculo (0; 1.5; 3 g), siendo sometidas a tres concentraciones de NaCl (0, 100 y 200 mM), por 30 días, al cabo de los cuales evaluaron las variables de crecimiento, encontrando que los tratamientos indujeron diferencias estadísticamente significativas en las variables de crecimiento. Los niveles crecientes de salinidad indujeron reducción de todas las variables, excepto la longitud de raíz. En tanto que la cantidad de inóculo micorrízico, originó incremento en la longitud de tallo, el número de hojas, el número de entrenudos, el diámetro de tallo, el peso fresco de tallo y raíz. Concluyen que la inoculación con micorrizas evitó que la disminución de crecimiento ocasionada por la salinidad sea mayor.

Becerra [41], informa que realizó una investigación en Chachapoyas, Amazonas, con el objetivo de evaluar el efecto de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) *Glomus* sp. en el crecimiento y producción del tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) en campo; en un diseño en bloque completo al azar, con tres tratamientos (dosis de hongo micorrízico arbuscular 30, 60, 90 g) y un testigo, con 8 submuestras y 96 plantas en total. Las variables fueron evaluadas según las etapas fenológicas del cultivo: a los 20, 60 y 100 días. Refiere que encontró que la dosis de 90 g/planta de HMA *Glomus* sp. sobresalió, en la altura total de planta (70,75 cm), número de frutos por planta (28,96) y rendimiento (23,58 t/ha), seguido por la dosis 60 y 30 g, ambos sin diferencias significativas entre sí, superando significativamente al testigo. Se concluye que la dosis 90 g/planta de *Glomus* sp. influye mejor en el mejor crecimiento y productividad en las plantas de tomate.

1.2.3 Antecedentes locales

A nivel local, no se ha encontrado evidencia de estudios realizados utilizando inoculantes micorrícicos en cultivo de tomate; por lo que el presente aporte servirá de base para continuar con estudios similares; se destaca que el tomate es una hortaliza que se beneficiaría mucho al lograr una producción sostenible de frutos.

En el fundo Petrosa 2 ubicado en Villacuri en el distrito de Salas, Ica, Ventura [42], realizó una investigación con zinc o tratamientos que consistieron en un testigo y diferentes dosis o momentos de inoculación de la micorriza (*Glomus* sp.). Las variables que evaluaron fueron el prendimiento, altura de planta, análisis foliar, peso de bulbo, número de hojas, colonización micorrízica, materia seca y rendimiento. Concluye que algunas características biométricas del cultivo de cebolla amarilla mejoraron debido a la inoculación de micorrizas, como el peso y diámetro del bulbo, respecto a las demás variables no fueron estadísticamente superiores al testigo. Además, la inoculación no mejoró la absorción de fósforo.

1.3 Descripción de la Realidad Problemática

El término micorriza se refiere a las asociaciones simbióticas entre los hongos y las raíces de las plantas. Son importantes porque los hongos son capaces de transformar los minerales del suelo y materias en descomposición en formas que pueden ser asimiladas por las raíces de las plantas, por lo que contribuyen a su nutrición y desarrollo. A cambio, las plantas, a través de sus raíces, segregan azúcares, aminoácidos, ácidos grasos y otras sustancias orgánicas que necesitan los hongos para vivir y multiplicarse.

De esta forma, las plantas mejoran la absorción de nutrientes, algunos, son fundamentales para su desarrollo, como el fósforo y el nitrógeno. También mejoran la absorción de agua y la resistencia de estas a condiciones de estrés hídrico y suelos salinos, por ejemplo. La presencia de hongos micorrícicos en el suelo, mejora la defensa de las plantas frente a organismos patógenos y mejora la estructura de los suelos, gracias a sus redes de hifas y filamentos.

Como señala Finlay [43], la simbiosis micorrícica, además de mejorar el estado nutricional y el crecimiento de su hospedante vegetal, ofrece otros beneficios, entre los que se destacan: la protección ante el ataque de parásitos, hongos patógenos y nemátodos, ya que influyen en la producción de sustancias defensivas por parte de la misma planta, la limitación de la absorción de metales pesados como el zinc y el cadmio, que son retenidos en las hifas del hongo, y el aumento del área de exploración de la raíz, permitiendo incrementar el flujo de agua del suelo a la planta. Además, los hongos contribuyen a mejorar las propiedades físico-químicas del suelo mediante el enriquecimiento de materia orgánica; lo que mejora

la estructura y estabilidad del suelo, reduciendo su erosión y aumentando su capacidad de retención de agua.

La realidad problemática nos indica que todo este vasto conocimiento y experiencias exitosas en diversos cultivos, no están siendo aprovechados ni utilizados adecuadamente en los principales cultivos alimenticios de la Región Ica; por lo que desde la universidad se aporta para disminuir la brecha en este aspecto. Entonces, en base a numerosos estudios realizados en el cultivo de tomate en otros lugares, se considera necesario proponer nuevas alternativas, que sean innovadoras, como el hacer uso de inoculantes micorrícicos en el manejo de este cultivo con lo cual se logre mejorar la calidad del producto cosechado, su rendimiento y la rentabilidad.

En base a las consideraciones mencionadas, con la finalidad de contribuir con las investigaciones en una de las hortalizas de mayor importancia nutricional y económica como es el tomate, se aborda la siguiente problemática:

1.3.1 Problema general

¿Qué efecto tendrá la aplicación de inoculantes micorrícicos en el rendimiento y los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica?

1.3.2 Problemas específicos.

- ¿Qué efecto tendrá la aplicación de inoculantes micorrícicos en el rendimiento del tomate en la zona media del valle de Ica?
- ¿Qué efecto tendrá la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica?

1.4 Justificación e importancia de la investigación

1.4.1 Justificación

Las micorrizas (del griego myces, hongo y rhiza, raíz) representan la asociación entre algunos hongos y las raíces de las plantas que actúan como fertilizantes, mejorando la producción agrícola.

Diversas investigaciones realizadas sobre el uso de micorrizas como biofertilizante de plantas sugieren que el uso de microorganismos benéficos o “biofertilizantes microbianos” son una opción para que el productor incremente su productividad, mejore la nutrición de sus cultivos, reduzca costos de producción y disminuya la contaminación en suelos, así como en mantos freáticos por el uso de fertilizantes químicos.

Con la finalidad de aportar en el avance de la agricultura e impulsar el crecimiento sostenido con investigaciones que permitan una producción sostenible en el tiempo, en términos de rendimientos y rentabilidad, se ha visto por conveniente realizar el presente trabajo de investigación para determinar el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en el rendimiento y otros caracteres morfoproductivos del tomate, proponiendo de manera justificada plantear alternativas sostenibles utilizando innovaciones biotecnológicas que están siendo cada vez más utilizadas en beneficio de una agricultura sostenible.

1.4.2 Importancia

El consumo de tomate como parte de la dieta alimenticia, es muy importante; por su composición nutricional de esta hortaliza que se cultiva en diversas partes del mundo, siendo nativa de América; por lo que es muy importante enfocar de manera adecuada la problemática referida al desconocimiento o insuficiente conocimiento sobre las diversas alternativas innovadoras utilizando productos biotecnológicos relacionados con los microorganismos benéficos que existen de manera natural en los suelos o rizosfera de la planta; y que al ser seleccionados con eficiencia a nivel de laboratorio, pueden ser una interesante alternativa para una producción sostenible del cultivo de tomate.

Los llamados hongos micorrícicos arbusculares (HMA) representan un grupo de microorganismos edáficos que establecen simbiosis con las plantas influyendo positivamente en su crecimiento y desarrollo; y el tomate es una hortaliza que puede aprovechar estas ventajas [32].

El uso adecuado de los hongos micorrícicos y otros microorganismos benéficos, permite estimular el crecimiento del sistema radicular de las plantas, lo que mejora la eficiencia en la absorción de agua y nutrientes, por lo que se consigue una mayor producción, mayor calidad y calibre del fruto y mejores propiedades físicas y químicas del suelo.

Por esta razón resulta de suma importancia el conocimiento y manejo de tecnologías innovadoras, como la inoculación del tomate a nivel de semilla o al trasplante con hongos micorrícicos, para garantizar la actividad simbiótica planta-microorganismo y con ello, mejorar la capacidad de absorción de los nutrientes del suelo desde temprana edad de la planta.

La importancia del presente trabajo de investigación radica en proporcionar información sobre el efecto de productos biotecnológicos inoculantes micorrícicos en los principales caracteres morfoproductivos y rendimiento de frutos de tomate,

que a su vez permita mejorar el manejo agronómico y fitosanitario, elevando los rendimientos por unidad de área y mejorar la calidad del producto cosechado, en beneficio de los agricultores y su entorno.

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en el rendimiento y los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica.

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en el rendimiento del tomate en la zona media del valle de Ica.
- Determinar el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica.

1.6 Hipótesis de investigación

1.6.1 Hipótesis general:

Al menos uno de los inoculantes micorrícicos tiene efecto positivo en el rendimiento y los caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica.

1.6.2 Hipótesis específicas

- Al menos uno de inoculantes micorrícicos tiene efecto positivo en el rendimiento del tomate en la zona media del valle de Ica.
- Al menos uno de los inoculantes micorrícicos tiene efecto positivo en algunos caracteres morfoproductivos del tomate en la zona media del valle de Ica.

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1 Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga ubicado en el caserío Arrabales, distrito Subtanjalla, provincia y departamento de Ica.

Con las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud 14°03'03.92''S
- Longitud 75°44'46.44''O
- Altitud 425 m.s.n.m

2.2 Análisis de suelo

Con la finalidad de realizar los análisis físico mecánicos y químicos del suelo, se preparó una muestra representativa de aproximadamente 1 kg para enviar a un laboratorio especializado; la cual se conformó a partir de cinco sub muestras que se extrajeron previamente de puntos distribuidos del lote donde se ubicó el campo experimental, con ayuda de una lampa limpia, a una profundidad aproximada de 0.30 m (Tabla 2).

Paralelamente a esta investigación, en campo compartido muy cercano, el compañero Hernandez Pineda Gregor, instaló su trabajo de investigación la muestra de suelo que obtuvo abarcó todo el lote que en total tiene menos de 0.5 ha; por lo que se compartieron los resultados que se habían obtenido.

TABLA 2
ANÁLISIS FÍSICO – MECÁNICO DEL SUELO

Parámetros de caracterización	Unidades	Determinación
Arena	%	95,0
Limo	%	5,0
Arcilla	%	0,0
Textura	Arena	Triangulo textural

Nota: Resultados proporcionados por el Laboratorio Agrícola BIASTER.

El análisis químico que se realizó de la misma muestra enviada al laboratorio se muestra en la Tabla 3.

TABLA 3
ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO (0 – 30 cm)

Parámetros de caracterización	Unidades	Determinación	Interpretación
Carbonato de Calcio	%	1,68	Muy bajo
C.E. (extracto 1:1)	us/cm	0,27	Libre de sales
pH (extracto 1:1)	unid.pH	8,15	Alcalino
Boro Disponible	mg/kg	<0,15	Bajo
Fósforo Disponible	mg/kg	<6,00	Bajo
Acidez Cambiable	meq/100g	<0,20	Baja
Aluminio Cambiable	meq/100g	<0,02	Normal
Hidrógeno Cambiable	meq/100g	<0,020	Bajo
Materia orgánica	%	1,34	Bajo
Nitrógeno total	mg/kg	686	Bajo
Relación C/N	--	11,3	Normal
Capacidad de intercambio catiónico	meq/100g	< 0,50	Baja
Bases cambiables			
Calcio	meq/100g	3,41	Medio
Magnesio	meq/100g	0,80	Medio
Potasio	meq/100g	0,20	Medio
Sodio	meq/100g	0,13	Bajo
Bases disponibles			
Calcio	meq/100g	16,41	Alto
Magnesio	meq/100g	1,14	Medio
Potasio	meq/100g	0,45	Medio
Sodio	meq/100g	0,24	Medio
Micronutrientes			
Cobre	mg/Kg	<1,00	Bajo
Hierro	mg/Kg	<10,00	Bajo
Manganeso	mg/Kg	1,44	Normal
Zinc	mg/Kg	<0,70	Bajo

Nota: Resultados proporcionados por el Laboratorio Agrícola BIASTER.

2.3 Análisis nematológico del suelo

Siguiendo las indicaciones del laboratorio especializado para realizar el análisis nematológico, se tomaron sub muestras de suelo del terreno donde se trasplantó el cultivo de tomate, conformando una muestra representativa para analizar la población de nematodos en el campo experimental, ya que, como se sabe, es susceptible a este fitopatógeno (Tabla 4).

TABLA 4
ANALISIS NEMATOLÓGICO DEL SUELO (0-30 cm).

Nemátodos en el suelo	N° de Ind/100cc de suelo ¹	Características
<i>Meloidogyne</i>	00	Endoparásito sedentario
<i>Rhabditido</i>	1321	Saprófito

Nota: Resultados proporcionados por el Laboratorio Agrícola BIASTER.

2.4 Observaciones meteorológicas

Los datos meteorológicos, fueron obtenidos de la estación meteorológica CO-TACAMA – SENAMHI – ICA, desde el mes de mayo en que se realizó el trasplante de los plantines de tomate hasta el mes de octubre en que se realizó la cosecha.

TABLA 5
OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS DE MAYO A OCTUBRE 2023

Meses	Temperaturas °C (mensual)			Horas de sol (unidad)		Humedad relativa (%)
	Máxima	Media	Mínima	Diaria	Mensual	Mensual
Mayo	28.6	21.7	14.8	6.38	197.8	82.62
Junio	26.3	19.6	12.9	6.20	185.9	84.55
Julio	25.9	19.1	12.3	6.06	187.8	83.73
Agosto	26.5	19.6	12.7	6.29	195.1	82.64
Septiembre	28.4	20.8	13.1	5.69	170.7	78.22
Octubre	30.6	23.0	15.4	7.67	237.7	74.75

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

Latitud Sur : 13° 59'59.1"

Longitud Oeste : 75° 43'14"

Altitud : 440 msnm.

2.5 Material biológico

Semilla de tomate. – Semilla certificada del híbrido F1 Tyrant, que se caracteriza por tener plantas de crecimiento determinado, con excelente calidad, frutos de buen tamaño, rendimiento y buena duración post cosecha. Amplia tolerancia al virus de la “Peste negra”, “Cuchara” y “Peruano del tomate”.

Resistente al calor, la sequía, enfermedades y parásitos, soporta el sol abierto, variedad de tomate caracterizada por frutos alargados cilíndricos, de textura firme con abundante pulpa y excelente sabor.

Su ciclo es precoz, de 80 a 85 ddt, con una densidad de siembra de 5,000 plantas/ha, con siembra en cualquier época del año.[44].

Bacillus

El género *Bacillus* se ha destacado como un potencial solubilizador de fosfato y puede ser utilizado como biofertilizante que va a permitir obtener un producto agrícola de calidad y sin generar consecuencias al ambiente [45].

Bacillus, es el género más representativo del grupo de solubilizadores de fosfato, se encuentra presente en el suelo, agua, vegetales y aire, poseen diversos mecanismos de supervivencia como la formación de esporas centroméricas ante situaciones adversas, hasta encontrar las condiciones favorables para su crecimiento, con una gran capacidad metabólica que conlleva a que su colonización en la rizósfera sea exitosa [46] y [47].

Son bacterias Gram positivas pertenecientes a la familia *Bacillaceae*, tienen forma de bastón y su tamaño varía de 0.5 x 1.2 a 2.5 x 10 µm con terminaciones cuadradas que se disponen en largas cadenas, aerobios o anaerobios facultativos, móviles con flagelos laterales, saprofitos, la mayoría de las especies presentan catalasa positiva, su crecimiento se desarrolla favorablemente en ambientes con pH ácido y básico entre un rango de (5.5 - 8.5) y a diferentes temperaturas (-5 °C a 75°C), en agar sangre se observa hemólisis variable, sus características fenotípicas son colonias grandes, con bordes irregulares de color blanco a grisáceo [46].

Entre las especies potencialmente solubilizadoras se encuentran: *Bacillus licheniformes*, *B. pumilus*, *B. subtilis* y *B. brevis*. El género *Bacillus* sp. es un referente de investigación puesto que representa una amplia aplicabilidad en el campo biotecnológico por sus diferentes usos industriales y ambientales [48].

Inoculantes micorrícicos:

En el presente estudio se utilizaron dos inóculos de hongos *Glomeromycota* nativos del Perú, pero, de diversa procedencia o localidad, según datos proporcionados por Castañeda et al. [39].

Micorriza 1.- *Glomeromycota* Wetland Inocula (GWI). Procedente de un humedal con predominio de *Sporobolus* sp. ubicado en Pisco, Ica. El inóculo de GWI consistió en el hongo *R. intraradices*, del cual se aplicaron 3400 esporas y raicillas (90% de colonización) por maceta en la base de plántulas de tomate trasplantadas.

Micorriza 2.- *Glomeromycota* Fallow Inocula (GFI). Procedente de un barbecho con *Brachiaria decumbens*, en Pucallpa, Ucayali. El inóculo de GFI estuvo formado por las especies nativas principalmente por el hongo *R. intraradices* y los géneros *Acaulospora*, *Gigaspora* y *Archaeospora*, de los cuales se agregaron 3726 esporas y raicillas (70% de colonización) por maceta en la base de plántulas de tomate.

Ambos inóculos se obtuvieron de muestras de suelo rizosférico de las plantas mencionadas y se multiplicaron en macetas trampa con *B. decumbens* en arena estéril, irrigadas con solución de Long Ashton cada 15 días.

Se adquirió un número similar de esporas de inóculos de GWI y GFI para inocular en cada tratamiento micorrizado del experimento.

2.6 Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio consistieron en la aplicación de dos tipos de hongos arbusculares micorrícicos (HAM), que se aplicaron solos y combinados, además se consideraron dos testigos, uno fertilizado NPK y el otro, NK 50%P; considerando una aplicación general con *Bacillus* sp. (biocontrolador) a todas las parcelas experimentales (Tabla 6).

TABLA 6
TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

N°	Tratamientos	Dosis	
		<i>Micorrizas</i>	<i>Bacillus</i> sp.
1	<i>Micorriza 1 + Bacillus</i> sp.	10 g M1	5 ml
2	<i>Micorriza 2 + Bacillus</i> sp.	10 g M2	5 ml
3	<i>Micorriza 1 + Micorriza 2 + Bacillus</i> sp.	5 g M1 + 5 g M2	5 ml
4	<i>Testigo NPK + Bacillus</i> sp.	Aplicación NPK	5 ml
5	<i>Testigo NK 50%P + Bacillus</i> sp.	Aplicación NK 50%P	5 ml

Nota: Descripción de los tratamientos en estudio

Donde:

Los tratamientos (1,2 y 3) y el testigo (5) NK50%P, fueron fertilizados con la dosis 200 – 60 – 180 de NPK (dosis reducida de P).

Solamente el testigo (4) fertilizado, recibió 200 – 120 – 180 de NPK.

2.7 Tipo y Nivel de la investigación

El Presente estudio se trata de una investigación de tipo cuantitativo, experimental, descriptivo.

El nivel de la investigación es correlacional, explicativa de los efectos que producen cada uno de los tratamientos aplicados en el cultivo de tomate.

2.8 Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación establece una relación entre las variables independientes (X) y las dependientes (Y), debiéndose examinar la influencia de una sobre la otra. Con el diseño de la presente investigación se ha tratado de responder a la pregunta de investigación controlando las variables independientes y analizando cómo afectan a las variables dependientes, que en este caso se refieren a las variables morfoproductivas, rendimiento unitario por planta y calidad del fruto, respectivamente.

2.9 Población y Muestra del estudio

La población estuvo representada por las 160 plantas de tomate híbrido Tyrant que se trasplantaron de las bandejas almacigueras al campo experimental, a razón de una planta por golpe.

La muestra del estudio se refiere a las 60 plantas que se evaluaron en todo el campo experimental, correspondiendo a tres plantas marcadas por parcela o unidad experimental, de cada uno de los cuatro bloques o repeticiones.

2.10 Diseño experimental

En la presente investigación se utilizó el diseño en bloques completamente al azar, con cinco tratamientos en cuatro repeticiones, haciendo un total de 20 unidades experimentales o parcelas (Figura 1).

2.11 Características del campo experimental

❖ Dimensiones del terreno experimental

- Largo (sentido transversal de los surcos)	16.0 m
- Ancho (sentido longitudinal de los surcos)	14.0 m
- Área total.....	220.0 m ²

- Área de calles..... 32.0 m²
- Área neta..... 188.0 m²

❖ **Parcelas:**

- Largo de parcela..... 6.0 m
- Ancho de parcela..... 1.5 m
- Área de una parcela..... 9.0 m²
- Numero de surcos por parcela..... 1
- Distancia entre surcos..... 1.50 m
- Distancia entre golpes..... 0.75 m
- Número de plantines por golpe..... 1

❖ **Bloques:**

- Largo del bloque..... 7.5 m
- Ancho del bloque..... 6.0 m
- Área de un bloque..... 45.0 m²
- Numero de bloques..... 4

❖ **Croquis experimental**

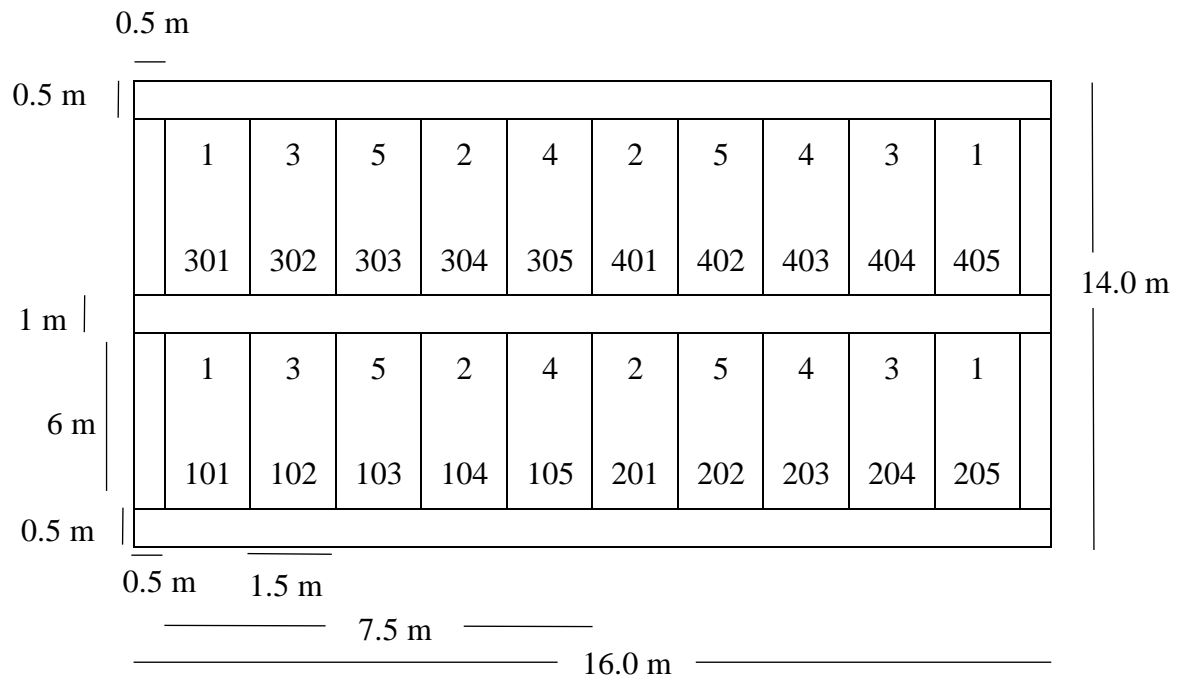


Figura 1. Croquis experimental

2.12 Metodología de aplicación de los tratamientos

La metodología de aplicación de los tratamientos se refiere a la aplicación de los inoculantes micorrícicos, considerados en el presente estudio, que se detalla a continuación:

- La siembra del tomate se realizó en las bandejas almacigueras más o menos 30 días antes del trasplante programado. En dichas bandejas solo se utilizó sustrato inerte para garantizar la germinación y emergencia de la semilla certificada.
- A los 30 dds se realizó el trasplante al campo definitivo, colocando 5 Ton ha⁻¹ de compost (128 Kg para los 256 m²), equivalente a 64 g/planta, antes de colocar el inoculante micorrícico.
- Los plantines que fueron inoculados con 10 gramos de Micorriza 1 + 5 ml de *Bacillus* sp. + NK 50%P, se trasplantaron en las parcelas que llevaron la clave 1 en las cuatro repeticiones.
- Los plantines que fueron inoculados con 10 gramos de Micorriza 2 + 5 ml de *Bacillus* sp. + NK 50%P, se trasplantaron en las parcelas que llevaron la clave 2 en las cuatro repeticiones.
- Los plantines que fueron inoculados con 5 gramos de Micorriza 1+ 5 gramos de Micorriza 2 + 5 ml de *Bacillus* sp. + NK 50%P, se trasplantaron en las parcelas que llevaron la clave 3 en las cuatro repeticiones.
- Los plantines que fueron inoculados con 5 ml de *Bacillus* sp. + NPK, se trasplantaron en las parcelas que llevaron la clave 4 en las cuatro repeticiones, siendo este el testigo fertilizado.
- Los plantines que fueron inoculados con 5 ml de *Bacillus* sp. + NK 50%P, se trasplantaron en las parcelas que llevaron la clave 5 en las cuatro repeticiones, siendo este el testigo NK 50%P (sin inoculantes micorrícico y con 50% del fertilizante P).
- Se realizaron evaluaciones a los 22 días después del trasplante, evaluando tres plantas por parcela para obtener la longitud por tratamiento.
- Se realizaron evaluaciones a los 55 días después del trasplante, evaluando las ocho plantas por parcela para obtener el contenido de clorofila por tratamiento.
- Se realizaron evaluaciones en sus etapas productivas, evaluando tres plantas por parcela para obtener el peso por calibre de fruta por cosecha por tratamiento (tres cosechas).
- El manejo agronómico del cultivo de tomate se realizó de manera coordinada con el personal de campo del fundo Arrabales.

- El manejo fitosanitario se basó en las evaluaciones previas, tratando de realizar un manejo integrado de plagas con énfasis en el control etológico y biológico.

2.13 Conducción del experimento

La conducción del cultivo de tomate en el campo experimental se realizó de la siguiente manera:

Siembra en bandeja

La siembra del tomate se realizó el día 25 de abril del 2023 en las bandejas almacigueras a los 30 días antes del trasplante programado. En dichas bandejas sólo se utilizó sustrato inerte y semillas del Híbrido F1 Tyrant de tomate.

La siembra consistió en colocar una semilla por celda de la bandeja almaciguera, para garantizar la germinación de la semilla certificada y la emergencia de la plántula al tratarse de un híbrido en generación F1.

Observando el porcentaje de germinación y emergencia, se evaluó continuamente la altura de los plantines, para determinar el momento oportuno del trasplante a campo definitivo, lo cual se llevó a cabo cuando los plantines alcanzaron unos 7 cm de altura.

Preparación del terreno

Las labores de preparación del terreno se iniciaron con la limpieza del campo, eliminando restos de cultivo anterior, eliminando malezas de manera manual utilizando lampas, picos y otras herramientas para la eliminación de arbustos y malezas, luego con la maquinaria se realizó el arado y surcado en seco, con la finalidad de remover el suelo y eliminar restos del cultivo anterior. El surcado se realizó a 1.5 m entre surcos. Se realizó el 22 de mayo del año 2023. Posteriormente el 23 de mayo se continuó con el tomeo para realizar correctamente los riegos, al finalizar la labor se realizó un riego ligero.

Demarcación del campo experimental

El día 25 de mayo del 2023, se hizo la demarcación del terreno, de acuerdo con las dimensiones que se adecuaba al trabajo de investigación, utilizando wincha, cordel, estacas, yeso y tarjetas para identificar cada parcela y luego proceder al trasplante respectivo.

Incorporación de compost

El día 25 de mayo del 2023, a primeras horas de la mañana, se abrieron los surcos con una lampa y se incorporó 5 Ton ha⁻¹ de compost de manera uniforme con ayuda de un balde a una profundidad de 10 cm, procediendo luego a tapar el surco con la lampa.

En cada surco, se realizaron orificios cada 0.75 m y de 5 – 10 cm de profundidad con la ayuda de un palo.

Trasplante e inoculación de micorrizas

El personal que realizó la inoculación utilizó guantes y un vaso medidor para cada micorriza que se utilizó para evitar la contaminación entre tratamientos. Posterior al hoyado se retiraron los plantines de la bandeja almaciguera los cuales fueron regados previamente para evitar daños en la raíz, estos fueron superpuestos en los hoyos para ser espolvoreados en las raíces por las micorrizas las cuales quedaron adheridas, evitando así pérdidas. El plantín fue colocado en el hoyo verificando que el cuello de la planta esté al nivel del suelo, se tapó con la tierra presionando ligeramente con la finalidad de cubrir la raíz de manera eficiente, para darle estabilidad y eliminar las posibles bolsas de aire. Los plantines del testigo fertilizado y el testigo NK 50%P fueron sembrados con el mismo procedimiento, pero sin la inoculación.

Terminando el trasplante de los plantines junto con la inoculación de su respectiva parcela se realizó un riego ligero y lento para evitar que los plantines se deshidraten, y no se expongan al estrés. Se tuvo 32 plantas por tratamiento, es decir, un total de 160 plantas trasplantadas a una distancia de 0.75 m entre ellas y 1.50 metros entre surcos.

El 30 y 31 de mayo se hizo evaluación del porcentaje de prendimiento de los plantines para realizar un nuevo mínimo trasplante el 5 de junio con su respectiva inoculación.

Aplicación de *Bacillus* sp.

Posterior al riego se realizó el cálculo del gasto de agua por parcela para realizar la aplicación considerando los siguientes puntos:

1. La concentración fue del 20%. La solución de 1.5 Litros con *Bacillus* fue diluida en un litro de agua en un balde limpio para evitar contaminación. Posteriormente se vertió 5 litros de agua en una mochila fumigadora manual limpia, adicionando la dilución de *Bacillus* completando un contenido de 7.5 litros.
2. Durante la aplicación, se tuvo cuidado que la boquilla debe estar dirigida al cuello de la planta, no al follaje ya que el objetivo de la aplicación era evitar la muerte de los plantines por posibles pudriciones causadas por *Rhizoctonia* sp.
3. La mochila se agitó cada 5 metros durante la aplicación.

Se realizaron tres aplicaciones en distintas fechas, siendo:

1. 25 de mayo de 2023
2. 5 de junio de 2023
3. 21 de junio de 2023

Biofertilización - Fertilización

Los inoculantes aplicados, solos o combinados corresponden a los biofertilizantes que se

aplicaron.

La aplicación del fertilizante se realizó teniendo en cuenta los siguientes datos:

1. El testigo Fertilizado, es decir el tratamiento 4 tuvo la fertilización completa:

200 N – 120 P₂O₅ – 180 K₂O

Para una densidad de 8,889 plantas/ha, la cantidad de fertilizante a aplicar fue:

260.87 kg de Fosfato Di amónico/ha (29.35 g/planta)

456.84 kg de Nitrato de Amonio/ha (51.39 g/planta)

818.18 kg de Sulfato de Potasio/ha (92.05 g/planta)

2. Los tratamientos 1, 2, 3 y 5 recibieron 50 % de Fósforo

200 N – 60 P₂O₅ – 180 K₂O

Para una densidad de 8,889 plantas/ha, la cantidad de fertilizante a aplicar fue:

130.43 kg de Fosfato Di amónico/ha (14.67 g/planta)

3. La aplicación de Fertilizante del tratamiento 4, se fraccionó en tres momentos:

1ra. aplicación (1/junio): 17.13 NA 29.35 FDA 92.05 SK

2da.aplicación (26/junio): 17.13 NA -- --

3ra. aplicación (16/julio): 17.13 NA -- --

4. La aplicación de Fertilizante de los tratamientos 1, 2, 3 y 5

1ra. aplicación (1/junio): 19.76 NA 14.67 FDA 92.05 SK

2da.aplicación (26/junio): 19.76 NA -- --

3ra. aplicación (16/julio): 19.76 NA -- --

Luego de pesar cada fertilizante se preparó la mezcla y se fertilizó cada planta colocando a unos 10 – 15 cm de profundidad y a unos 10 cm alejados del pie de planta en una zona húmeda.

Manejo fitosanitario

La base del manejo fitosanitario fue el manejo integrado, que consistió en la evaluación previa y continua, con un constante monitoreo, que permitieron ir tomando en cuenta el nivel de infestación en que se podrían encontrar las plagas y/o enfermedades más importantes del tomate y evitar que pudieran convertirse en una amenaza para el cultivo. (Tabla 7).

Deshierbo

La labor de deshierbo fue realizada constantemente de forma manual para malezas de hojas anchas y de pequeño crecimiento, posteriormente cuando la presencia de maleza de hoja

angosta fue persistente, se realizó deshierbo con lampa; sin embargo, teniendo en cuenta que, por el tamaño de las plantas, era complicado utilizar esta herramienta, el deshierbo consistió en extraer de manera individual las malezas con la ayuda de un pico manual de jardinería.

El objetivo de esta labor frecuente fue liberar al cultivo sobre todo en la etapa vegetativa de pleno crecimiento, de la competencia de las malezas por luz, nutrientes, espacio y/o agua, además de eliminar plantas hospederas de plagas.

TABLA 7
CRONOGRAMA DEL MANEJO FITOSANITARIO DEL CULTIVO DE TOMATE

Fecha	Labor	Producto	Dosis	Plagas/enfermedades a controlar
25/05/2023	Control biológico	<i>Bacillus</i> sp.	20%	<i>Rhizoctonia</i> sp.
05/06/2023	Control biológico	<i>Bacillus</i> sp.	20%	<i>Rhizoctonia</i> sp.
20/06/2023	Trampa etológica	Trampa cromática	20 ml	Insectos Adultos
21/06/2023	Control biológico	<i>Bacillus</i> sp.	20%	<i>Rhizoctonia</i> sp.
10/07/2023	Control químico	Kieto 150 WG Emamectin + Lufenuron	100 ml/ 200L	<i>Prodiplosis</i> sp. y <i>Tuta</i> sp.
18/07/2023	Control biológico	<i>Bacillus</i> sp.	20%	<i>Rhizoctonia</i> sp.
19/07/2023	Control químico	Dinotefuran + Fipronil + Chlorfenapyr	100 ml/200L 200 g/200L	<i>Prodiplosis</i> sp. y <i>Tuta</i> sp.
26/07/2023	Control biológico	Bio-Splent 70WP (<i>Bacillus</i>)	500 g/200 L	<i>Alternaria</i> sp.
08/08/2023	Trampa etológica	Trampa de melaza	1 kg	Lepidópteros (adultos)
14/08/2023	Control químico	Dinotefuran + Fipronil + Chlorfenapyr	100 ml/200L 200 g/200L	<i>Prodiplosis</i> sp., <i>Tuta</i> sp.
16/08/2023	Trampa etológica	Trampa de melaza	1 kg	Lepidópteros (adultos)
24/08/2023	Trampa etológica	Trampa de melaza	1 kg	Lepidópteros (adultos)
24/08/2023	Control biológico	Extracto de Ajo	8L /200 L	<i>Tuta</i> sp y <i>Prodiplosis</i> sp.
31/08/2023	Control biológico	Extracto de Ajo	8L /200 L	<i>Tuta</i> sp y <i>Prodiplosis</i> sp.
04/09/2023	Control biológico	Bio-Splent 70WP (<i>Bacillus</i>)	500 g/200 L	<i>Alternaria</i> sp.
06/09/2023	Control biológico	Extracto de Ajo	8L /200 L	<i>Tuta</i> sp y <i>Prodiplosis</i> sp.
11/09/2023	Control biológico	Extracto de Ajo	8L /200 L	<i>Tuta</i> sp y <i>Prodiplosis</i> sp.
18/09/2023	Control biológico	Extracto de Ajo	8L /200 L	<i>Tuta</i> sp y <i>Prodiplosis</i> sp.
02/10/2023	Control biológico	Extracto/rocoto	8L /200 L	<i>Tuta</i> sp y <i>Prodiplosis</i> sp.

Aplicaciones foliares

Con la finalidad de contribuir con garantizar el aspecto saludable de las plantas, de manera general, se realizaron las aplicaciones foliares a base de biol (biofertilizante) según el estado fenológico de las plantas (Tabla 8).

TABLA 8
CRONOGRAMA DE APLICACIONES FOLIARES

Fecha	Producto	Dosis
26/07/2023	Biol	500 ml/20L
15/08/2023	Biol	500 ml/20L
19/08/2023	Biol	500 ml/20L
24/08/2023	Biol	500 ml/20L
31/08/2023	Biol	500 ml/20L
06/09/2023	Biol	500 ml/20L
11/09/2023	Biol	500 ml/20L
18/09/2023	Biol	500 ml/20L
02/10/2023	Biol	500 ml/20L

Riegos

Los riegos se dieron por gravedad, dependiendo del requerimiento de agua por las plantas y la disponibilidad de agua en el fundo Arrabales.

Fue complicado el riego por el tamaño pequeño del campo experimental; sin embargo, se tuvo cuidado a fin de evitar encharcamientos, así como evitar zonas menos humedecidas, de modo tal que se impida el estrés por ambas situaciones extremas.

Muestreo

Al verificar que las plantas se encontraban en madurez de cosecha, por el color pinto a rojizo de los frutos, se realizó un muestreo, verificando tener mínimo cuatro plantas con cuatro frutos por cosechar por repetición.

Cosecha

Se realizaron tres cosechas en diferentes fechas siendo clasificadas en tres categorías: Primera calidad (60 mm a más de diámetro polar), segunda calidad (40 mm a 59 mm) y descarte (menores a 40 mm o no aptos en características).

2.14 Características evaluadas

Las características o variables que se evaluaron se detallan a continuación:

- Longitud de la parte aérea a los 30 ddt (cm). - A los 30 días después del trasplante (ddt), se tomaron al azar tres plantas por parcela y se midieron desde el nivel del suelo hasta la parte superior tomando la longitud respectiva con una wincha, expresando el promedio por planta de cada parcela.
- Medición de clorofila a los 55 ddt. - A los 55 días después del trasplante (ddt), se realizó la medición no invasiva ni destructiva del contenido de clorofila determinando las unidades SPAD con el dispositivo SPAD-502 en tres hojas sanas, representativas del tercio superior de cada planta de cada parcela, expresando el promedio del contenido de clorofila por planta por parcela (Anexo 1).
- Peso seco foliar antes de la primera cosecha. – Antes de realizar la primera cosecha, se extrajeron tres hojas del tercio medio de tres plantas de tomate de cada tratamiento y se obtuvo el peso seco respectivo.
- Peso de frutos por planta (g). – Se evaluó el peso de los frutos cosechados por planta en la primera, segunda y tercera cosecha.
- Peso de frutos por calibre por planta (g).- Se clasificaron los frutos de tomate por calibre 1 y calibre 2, solamente en la primera cosecha.
- Rendimiento total por planta (kg). - Se obtuvo sumando el peso de los frutos de la primera, segunda y tercera cosecha de las plantas marcadas; con dicho peso total por planta se estimó el rendimiento por hectárea, con una regla de tres simple.
- Porcentaje de germinación postcosecha. – Se extrajeron las semillas de tres frutos de la tercera cosecha de cada tratamiento, se lavó y se dejó secar. En bandejas germinadoras se colocaron 100 semillas y se evaluó el porcentaje de germinación post cosecha.

2.15 Procesamiento de la información

Los datos de las evaluaciones realizadas, fueron organizados y sistematizados para ser procesados y analizados según el Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA).

Se realizó en Análisis de varianza (ANVA) de cada una de las variables evaluadas, utilizando el software estadístico InfoStat para encontrar la significación estadística entre las fuentes de variación, a través de la prueba de significación de “F” a los niveles 0.05 y 0.01 de probabilidad.

Para la comparación de promedios de las variables en estudio, se utilizó la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, al nivel 0.05 de probabilidad y se establecieron los grupos homogéneos, así como el orden de mérito relativo. Se obtuvo también la desviación estándar, el coeficiente de variación y los promedios respectivos de cada variable evaluada.

III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de los análisis estadísticos realizados en la presente investigación.

3.1 Altura de planta a los 30 ddt

En el Análisis de varianza realizado para la altura por planta a los 30 días después del trasplante (ddt), no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos en estudio ni entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variabilidad de 6.60% (Tabla 9).

TABLA 9

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA DE PLANTA A LOS 30 DDT EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFO-PRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Repeticiones	3	8.11	2.70 NS	1.62	3.23	4.55
Tratamientos	4	17.55	4.39 NS	2.62	3.33	4.68
Error Experimental	12	20.08	1.67	--		
Total	19	45.74	--	--		
$\frac{S}{X} = 0.65$		C.V. = 6.60%	Promedio = 19.59 cm			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

TABLA 10

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LA ALTURA DE PLANTA A LOS 30 DDT EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Nº	Tratamientos	Altura de planta a los 30 ddt	
		Promedio (cm)	Duncan 0.05
3	M1 + M2	20.63	a
1	Micorriza 1	20.54	a
5	T NK 50%P	19.58	a b
4	T NPK	19.09	a b
2	Micorriza 2	18.13	b

Nota: Medias con letras iguales, no son significativamente diferentes entre sí.

3.2 Contenido de clorofila a los 55 ddt

En el Análisis de varianza realizado para el contenido de clorofila de las hojas por planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio; sí se encontró diferencia altamente significativa entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variabilidad de 2.13% (Tabla 11).

TABLA 11

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE CLOROFILA EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍCICOS EN LOS CARACTERES MORFO-PRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Repeticiones	3	24.15	8.05 **	7.44	3.23	4.55
Tratamientos	4	6.23	1.56 NS	1.44	3.33	4.68
Error Experimental	12	12.99	1.08	--		
Total	19	43.37	--	--		
$\frac{S_{\bar{X}}}{X} = 0.52$		C.V. = 2.13%	Promedio = 48.92 unid. SPAD*			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

*.- SPAD (Análisis del Desarrollo de la Planta en el Suelo)

TABLA 12

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL CONTENIDO DE CLOROFILA EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍCICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Nº	Tratamientos	Contenido de Clorofila a los 55 ddt	
		Promedio (unid. SPAD*)	Duncan 0.05
4	T NPK	49.53	a
3	M1 + M2	49.42	a
1	Micorriza 1	48.94	a
5	T NK 50%P	48.73	a
2	Micorriza 2	47.98	a

Nota: Medias con letras iguales, no son significativamente diferentes entre sí.

*.- SPAD (Análisis del Desarrollo de la Planta en el Suelo)

3.3 Peso seco foliar antes de la primera cosecha

En el Análisis de varianza realizado para el peso seco foliar antes de la primera cosecha, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio ni entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variabilidad de 7.39% (Tabla 13).

TABLA 13

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO FOLIAR ANTES DE LA PRIMERA COSECHA EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Repeticiones	3	0.04	0.01 NS	0.39	3.23	4.55
Tratamientos	4	0.2	0.05 NS	1.37	3.33	4.68
Error Experimental	12	0.43	0.04	--		
Total	19	0.67	--	--		
$\frac{S}{X} = 0.1$		C.V. = 7.39%	Promedio = 2.56 g			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

TABLA 14

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO SECO FOLIAR ANTES DE LA PRIMERA COSECHA EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Nº	Tratamientos	Peso seco foliar antes de la primera cosecha	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
2	Micorriza 2	2.69	a
3	M1 + M2	2.65	a
4	T NPK	2.56	a
1	Micorriza 1	2.5	a
5	T NK 50%P	2.41	a

Nota: Medias con letras iguales, no son significativamente diferentes entre sí.

3.4 Peso de frutos de la primera cosecha

En el Análisis de varianza realizado para el peso de frutos o rendimiento de frutos por planta, en la primera cosecha, se ha encontrado diferencia altamente significativa entre los tratamientos en estudio y entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variabilidad de 21.07% (Tabla 15).

TABLA 15

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DE FRUTOS DE LA PRIMERA COSECHA EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Repeticiones	3	4271122.47	1423707.49 **	14.90	3.23	4.55
Tratamientos	4	2511273.96	627818.49 **	6.57	3.33	4.68
Error Experimental	12	1146945.56	95578.80	--		
Total	19	7929341.99	--	--		
$S_{\frac{X}{X}} = 154.56$		C.V. = 21.07%	Promedio = 1467.28 g			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

TABLA 16

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO DE FRUTOS DE LA PRIMERA COSECHA EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Nº	Tratamientos	Peso de frutos. 1ra. cosecha	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
1	Micorriza 1	2 051.86	a
3	M1 + M2	1 586.08	a b
4	T NPK	1 450.92	b c
2	Micorriza 2	1 257.37	b c
5	T NK 50%P	990.17	c

Nota: Medias con letras iguales, no son significativamente diferentes entre sí.

3.5 Peso de frutos de calibre 1

En el Análisis de varianza realizado para el peso de frutos de calibre 1 por planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio y se ha encontrado diferencia altamente significativa entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variabilidad de 34.02% (Tabla 17).

TABLA 17

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DE FRUTOS DE CALIBRE 1 EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Repeticiones	3	9861629.31	3287209.77**	9.28	3.23	4.55
Tratamientos	4	1754508.68	438627.17NS	1.24	3.33	4.68
Error Experimental	12	4252854.90	354404.58	--		
Total	19	15868992.89	--	--		
$S_{\frac{X}{X}} = 297.66$		C.V. = 34.02%	Promedio = 1 749.79 g			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

TABLA 18

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO DE FRUTOS DE CALIBRE 1 EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Nº	Tratamientos	Peso de frutos de Calibre 1	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
1	Micorriza 1	2 274.07	a
3	M1 + M2	1 859.16	a
2	Micorriza 2	1 611.87	a
4	T NPK	1 572.30	a
5	T NK 50%P	1 431.56	a

Nota: Medias con letras iguales, no son significativamente diferentes entre sí.

3.6 Peso de frutos de calibre 2

En el Análisis de varianza realizado para el peso de frutos de calibre 2 por planta, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio ni entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variabilidad de 25.80% (Tabla 19).

TABLA 19

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DE FRUTOS DE CALIBRE 2 EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Repeticiones	3	2244019.49	748006.50 NS	0.79	3.23	4.55
Tratamientos	4	3729337.61	932334.40 NS	0.99	3.33	4.68
Error Experimental	12	11329469.46	944122.45	--		
Total	19	17302826.56	--	--		
$\frac{S}{X} = 485.83$		C.V. = 25.80%	Promedio = 3 766.3 g			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

TABLA 20

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO DE FRUTOS DE CALIBRE 2 EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Nº	Tratamientos	Peso de frutos de calibre 2	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
1	Micorriza 1	4 353.76	a
3	M1 + M2	4 055.92	a
4	T NPK	3 769.29	a
2	Micorriza 2	3 567.17	a
5	T NK 50%P	3 085.36	a

Nota: Medias con letras iguales, no son significativamente diferentes entre sí.

3.7 Peso de frutos de la segunda cosecha

En el Análisis de varianza realizado para el peso de frutos o rendimiento de frutos por planta de a segunda cosecha, no se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio ni entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variabilidad de 27.33% (Tabla 21).

TABLA 21

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DE FRUTOS DE LA SEGUNDA COSECHA EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Repeticiones	3	6761928.94	2253976.31 NS	2.54	3.23	4.55
Tratamientos	4	2100217.06	525054.27 NS	0.59	3.33	4.68
Error Experimental	12	10643020.23	886918.35	--		
Total	19	19505166.23	--	--		
$S_{\frac{X}{X}} = 470.882$		C.V. = 27.33%	Promedio = 3 445.418 g			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

TABLA 22

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO DE FRUTOS DE LA SEGUNDA COSECHA EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

N°	Tratamientos	Peso de frutos de la 2da. cosecha	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
1	Micorriza 1	4 056.42	a
3	M1 + M2	3 426.42	a
4	T NPK	3 361.75	a
2	Micorriza 2	3 278.33	a
5	T NK 50%P	3 104.17	a

Nota: Medias con letras iguales, no son significativamente diferentes entre sí.

3.8 Peso de frutos de la tercera cosecha

En el Análisis de varianza realizado para el peso de frutos o rendimiento de frutos por planta de la tercera cosecha, se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio y entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variabilidad de 37.58% (Tabla 23).

TABLA 23

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DE FRUTOS DE LA TERCERA COSECHA EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Repeticiones	3	2122326.45	707442.15 NS	2.67	3.23	4.55
Tratamientos	4	1806355.94	451588.98 NS	1.70	3.33	4.68
Error Experimental	12	3185301.86	265441.82	--		
Total	19	7113984.25	--	--		
$S_{\frac{X}{X}} = 257.61$		C.V. = 37.58%	Promedio = 1 370.884 g			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

TABLA 24

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO DE FRUTOS DE LA TERCERA COSECHA EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

N°	Tratamientos	Peso de frutos de la 3ra. cosecha	
		Promedio (g)	Duncan 0.05
1	Micorriza 1	1 917.66	a
3	M1 + M2	1 455.17	a
2	Micorriza 2	1 239.34	a
5	T NK 50%P	1 162.67	a
4	T NPK	1 079.58	a

Nota: Medias con letras iguales, no son significativamente diferentes entre sí.

3.9 Peso total de frutos cosechados

En el Análisis de varianza realizado para el peso total de frutos o rendimiento total de frutos cosechados por planta, se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos en estudio y diferencia altamente significativa entre las repeticiones o bloques, presentando un coeficiente de variabilidad de 17.69% (Tabla 25).

TABLA 25

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO TOTAL DE FRUTOS COSECHADOS EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Repeticiones	3	25203160.38	8401053.46**	6.80	3.23	4.55
Tratamientos	4	18141412.27	4535353.07 *	3.67	3.33	4.68
Error Experimental	12	14831148.94	1235929.08	--		
Total	19	58175721.59	--	--		
S _x = 555.86		C.V. = 17.69%	Promedio = 6 283.578 g			

Nota: *.- Existe diferencia significativa

**.- Existe diferencia altamente significativa

TABLA 26

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO TOTAL DE FRUTOS COSECHADOS POR PLANTA EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍDICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Nº	Tratamientos	Peso total de frutos cosechados		
		(kg/planta)	ton/ha	Duncan 0.05
1	Micorriza 1	8.026	71.13	a
3	M1 + M2	6.468	57.48	a b
4	T NPK	5.892	52.38	b
2	Micorriza 2	5.775	51.33	b
5	T NK 50%P	5.257	46.73	b

Nota: Medias con letras iguales, no son significativamente diferentes entre sí.

3.10 Porcentaje de germinación de semillas postcosecha

En el Análisis de varianza realizado para el porcentaje de germinación de las semillas post cosecha, no se ha encontrado diferencia significativa entre repeticiones; sin embargo, existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos en estudio, con un coeficiente de variabilidad de 0.68% (Tabla 27).

TABLA 27

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS POST COSECHA EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍCICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

Fuentes de Variación	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Repeticiones	3	2	0.67 NS	1.45	3.23	4.55
Tratamientos	4	20.5	5.13 **	11.18	3.33	4.68
Error Experimental	12	5.5	0.46			
Total	19	28	--	--		
$S_{\frac{X}{X}} = 0.339$		C.V. = 0.68%	Promedio = 99%			

Nota: NS.- No existe diferencia significativa

**.- Existe diferencia altamente significativa

TABLA 28

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS POST COSECHA EN EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES MICORRÍCICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

N°	Tratamientos	Porcentaje de germinación de semillas post cosecha	
		Promedio (%)	Duncan 0.05
2	Micorriza 2	99.75	a
3	M1 + M2	99.50	a
1	Micorriza 1	99.50	a
4	T NPK	99.25	a
5	T NK 50%P	97.00	b

Nota: Medias con letras iguales, no son significativamente diferentes entre sí.

4. DISCUSION

El presente trabajo de investigación en el cultivo de tomate, se llevó a cabo en condiciones de suelo y clima de la zona media del valle de Ica, teniendo en cuenta que es una de las hortalizas de mayor consumo y de gran importancia económica mundial, en la que, no necesariamente se logra una adecuada nutrición con la aplicación de fertilizantes químicos, ya que como señala Pretty [49], existen otros nutrientes que producen el mismo efecto pero tienen un menor impacto ambiental y pueden sostener una producción agrícola que satisfaga la creciente demanda de alimentos a nivel mundial; por lo que, es muy importante resaltar los beneficios potenciales de los productos biotecnológicos como los inoculantes a base de rizobacterias, hongos micorrízicos arbusculares (HMA), entre otros, para contribuir con la intensificación sostenible de la agricultura; aunque todavía no recibe la debida atención sobre todo en la producción agrícola a gran escala. En tal sentido, la presente investigación se ejecutó utilizando inoculantes micorrízicos solos y combinados en el cultivo de tomate.

Las características del suelo donde se llevó a cabo la presente investigación, responden al análisis de suelo realizado; en el cual se indica que se trata de un suelo de textura arenosa (Arena), de consistencia ligera, con escasa retentividad de agua y nutrientes (Tabla 1); por lo que se tuvo que considerar riegos frecuentes y ligeros, de reacción alcalina, con bajo contenido de materia orgánica y nitrógeno total; libre de sales, contenido bajo de fósforo, baja capacidad de intercambio catiónico con contenido medio de los iones Magnesio y Potasio, aunque alto en Calcio (Tabla 2); con dichas condiciones de suelo, es fácil entender que el cultivo de tomate tuvo algunas limitaciones para su desarrollo normal; que, sin embargo, trataron de ser superadas con la aplicación de los tratamientos micorrízicos de la investigación, considerando los respectivos testigos fertilizado y NK 50%P, de manera comparativa. Condición favorable para el cultivo de tomate fue que el análisis nematológico realizado, reportó ausencia del nematodo *Meloidogyne incognita*, la especie más importante que afecta al tomate (Tabla 3).

La siembra realizada en soporte estéril, en bandejas germinadoras, en el mes de abril con temperaturas más cálidas, garantizaron una buena germinación y el porcentaje de emergencia fue del 100%, considerando las condiciones de inocuidad y también la procedencia de la semilla certificada del Híbrido F1 Tyrant de calidad garantizada, con un buen crecimiento de plantines; y, luego en el trasplante que se realizó en el mes de mayo, se tuvo 91.84% de prendimiento, como promedio general, lo que se considera un buen comienzo; puesto que, se presentaron condiciones que el cultivo de tomate tolera sin mayor problema.

Las temperaturas medias del mes de mayo en que se realizó el trasplante, presentaron un promedio de 21.7°C, con 6.8 horas de sol diaria en promedio y 82.62% de humedad relativa; valores que fueron descendiendo durante el invierno y que fueron tolerados por la planta de tomate;

finalmente, al terminar el invierno e iniciar la primavera, las temperaturas medias se incrementaron a 23.0°C, con 7.67 horas de sol diarias y la humedad relativa descendió a 74.75%, en promedio; condiciones en que el cultivo de tomate se desarrolla sin mayores limitaciones (Tabla 4).

La altura de planta que se evaluó en el primer mes del cultivo, no presentó diferencia significativa entre los tratamientos en estudio; sin embargo, en la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se observa que los mayores valores fueron para el tratamiento combinado M1 + M2 y para M1, con 20.63 y 20.54 cm de altura en promedio, respectivamente, seguidos del tratamiento 5 (testigo NK 50%P) y el tratamiento 4 (testigo fertilizado NPK) que obtuvieron 19.58 y 19.09 cm de altura, en promedio, respectivamente; mientras que solamente el tratamiento M2, se ubicó en el segundo lugar con 18.13 cm de altura de planta, promedio. Desde la primera etapa vegetativa de la planta, se observó que la combinación de ambos inoculantes micorrícicos (M1 + M2) y el individual M1, tienen efecto positivo, a diferencia de M2 (Tabla 10).

Los valores reportados en el presente estudio son ligeramente inferiores a los obtenidos por Alvarado et al [30], quien informa un aumento de 12% de la altura de la planta con la micorrización, esto puede ser debido a que la evaluación la realizó durante la floración. Por su parte Castañeda [39] obtuvo mayor efecto positivo en la altura de las plantas inoculadas con GFI que con el inoculo GWI ya sea con o sin biochar, además sus resultados fueron superiores posiblemente por la edad del cultivo al ser evaluado (semana 6) y su manejo en ambiente controlado.

A los 55 días después del trasplante, se realizó la evaluación del contenido de clorofila en las hojas de tomate y no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos; de igual manera en la prueba de Duncan (Tabla 12) se observa un solo grupo homogéneo; sin embargo, los mayores promedios fueron para el testigo fertilizado NPK y el tratamiento combinado (M1+M2), con 49.53 y 49.42 unidades SPAD, respectivamente, seguidos del tratamiento M1 y el testigo NK 50%P con 48.94 y 48.73 unidades SPAD, respectivamente; mientras que M1 obtuvo el menor valor promedio, con 47.98 unid. SPAD. Estos resultados indican que las plantas que fueron fertilizadas con NPK y la combinación del inoculante micorrícico (M1 + M2) presentaron un aspecto más saludable, un mejor color verde de hojas, ya que como señalan Hurtado et al. [50], existe una alta correlación entre las unidades SPAD, la concentración de clorofila y el nitrógeno total en plantas de tomate, y en este caso, en respuesta a los tratamientos aplicados.

Estos resultados son similares y en algunos tratamientos superiores a los reportados por Castañeda [39], quien, en su investigación encontró diferencia significativa obteniendo 47.54 SPAD para el tratamiento 2 (arena sin biochar con GWI), 48.17 SPAD para tratamiento 1 (arena sin biochar ni

micorrizas) y 49.11 SPAD para el tratamiento 6 (arena con biochar con GFI), los cuales superaron significativamente a sus demás tratamientos.

En el peso seco de hojas que se extrajeron de las plantas marcadas, antes de la primera cosecha, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados; y, en la prueba de Duncan (Tabla 14), se observa que se ha conformado un solo grupo homogéneo, donde los mayores valores promedios fueron desde 2.50 a 2.69 g, para los tratamientos inoculados incluyendo el testigo fertilizado, superando, sin significación estadística, al promedio del testigo NK 50%P que obtuvo 2.41 g de peso seco (Tabla 14).

En el peso de frutos o rendimiento de frutos por planta en la primera cosecha, se ha encontrado diferencia altamente significativa entre los tratamientos, y, en la prueba de Duncan, se aprecia que el tratamiento 1 (M1) destaca en el primer lugar con 2 051.86 g/planta junto con el tratamiento 3 (M1 + M2), con 1 586.08 g/planta, seguidos del testigo fertilizado 4 (T NPK), con 1 450.92 que se ubicó en el segundo lugar junto con el tratamiento 2 (M2), que obtuvo 1 257.37 g/planta, superando significativamente al tratamiento 5 (testigo NK 50%P) que obtuvo solamente 990.17 g/planta en el peso de frutos (Tabla 16).

En el Análisis de varianza realizado para el peso de frutos de calibre 1 por planta, en la primera cosecha, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados y se encontró diferencia altamente significativa entre las repeticiones o bloques, y, en la prueba de comparaciones de Duncan (Tabla 18), se observa un solo grupo homogéneo, con cierta similitud en los promedios obtenidos; sin embargo, es bueno destacar que el mayor promedio fue para el tratamiento 1(M1) o sea el inoculante micorrícico (GWI), fue de 2 274.07 g/planta, de frutos de calibre 1, seguido del tratamiento combinado (M1 + M2) con 1 859.16 g/planta; los demás tratamientos mostraron promedios más similares, desde 1 211.87 para M2; 1 572.30 para el testigo fertilizado NPK y 1 431.56 g/planta para el testigo 5 (NK 50%P) de frutos de calibre 1 en la primera cosecha; notándose que la inoculación a base de M1 y del combinado (M1+M2), presentaron mayor cantidad de frutos de mayor tamaño (calibre 1).

Para el calibre 2 de frutos de tomate de la primera cosecha, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ni entre repeticiones, y, en la prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 20), se comprueba la proximidad entre valores obtenidos con un solo grupo homogéneo, inclusive la misma tendencia donde el tratamiento 1 (M1), que presentó el mayor promedio, con 4 353.76 g, seguido muy de cerca por el tratamiento combinado (M1+M2), que obtuvo 4 055.92 g de frutos con calibre 2; los demás tratamientos presentaron promedios más cercanos entre ellos; tal como el testigo fertilizado 4(NPK) que obtuvo 3 769.29 g; 2(M2) con 3 567.17 y de todas maneras superando al testigo 5(NK 50%P) que obtuvo 3 085.36 g/planta de frutos de tomate de calibre 2 de la primera cosecha.

En la evaluación de la segunda cosecha, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ni repeticiones, y en la prueba de Duncan (Tabla 22), se comprueba la proximidad entre valores obtenidos, manteniéndose la tendencia en que destaca con el mayor promedio el tratamiento 1(M1) con 4 056.42 g; mientras todos los demás tratamientos presentaron similares promedios desde 3 104.17 g para el tratamiento 5(testigo NK 50%P), hasta 3 426.42 g para el tratamiento combinado (M1+M2).

En el peso de frutos por planta de la tercera cosecha, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ni repeticiones, y, en la prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 24), se comprueba la proximidad entre valores obtenidos, aunque manteniendo la tendencia donde el tratamiento 1 (M1) presenta el mayor promedio con 1 917.66 g, seguido del tratamiento combinado (M1+M2) con 1 455.17 g; mientras que los tratamientos 2 (M2), testigo (NK 50%P) y testigo fertilizado 4 (NPK) presentaron valores muy similares desde 1 239.34; 1 162.67 a 1 079.58 g/planta de frutos de tomate, en promedio, respectivamente.

Respecto al total de frutos cosechados, que se obtuvo de la sumatoria de la primera, segunda y tercera cosecha, se encontró diferencia significativa entre los tratamientos y diferencia altamente significativa entre las repeticiones o bloques evaluados, y en la prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 26), se aprecia que en el primer lugar se ubicaron el tratamiento 1(M1) y el tratamiento combinado 3 (M1+M2), con 8 026 y 6 468 kg/planta, equivalentes a 71.13 y 57.48 ton/ha, respectivamente; siendo significativamente superiores a los demás tratamientos desde el testigo fertilizado 4 (T NPK), 2(M2) y 5(Testigo NK 50%P) con 5 892, 5 775 y 5 257 kg/planta, equivalentes a 52.38, 51.33 y 46.73 ton/ha respectivamente de frutos de tomate.

Estos valores obtenidos para el peso total de frutos cosechados difieren mucho de los reportados por Castañeda [39], quien en la variedad de tomate Cherry, presenta valores muy inferiores a los del presente estudio; sin embargo, hay similitud en la tendencia donde el mayor valor fue para sus tratamientos con biochar inoculados con GFI y GWI obteniendo valores de 8.2 ton/ha y 6.41 ton/ha respectivamente superando considerablemente a su testigo que tuvo 3.54 ton/ha.

La estadística agropecuaria a nivel nacional mostrada en la plataforma virtual SIEA de MIDAGRI [12] señala que el departamento de Ica es el mayor productor de tomate a nivel nacional con 913.50 ha cosechadas, una producción de 91 063.91 toneladas y un rendimiento de 99.69 toneladas/ha.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio, vienen a ser la respuesta del cultivo de tomate, híbrido Tyrant a las condiciones de suelo y clima del valle de Ica, en que se desarrolló durante la investigación; lo que permite llegar a las siguientes conclusiones:

- ❖ Las condiciones de suelo y clima de la zona media del valle de Ica, distrito de Subtanjalla, permitieron que el cultivo de tomate se desarrolle en condiciones favorables, como se aprecia en los valores obtenidos para las diversas variables evaluadas.
- ❖ La aplicación de los inoculantes micorrícicos ha tenido un efecto positivo en el cultivo de tomate en las variables morfoproductivas relacionadas con el rendimiento del fruto cosechado.
- ❖ El inoculante micorrícico M1 *Glomeromycota Wetland Inocula* (GWI), tuvo un efecto positivo más definido en los caracteres morfoproductivos evaluados, reflejándose en su rendimiento promedio con 71.13 ton/ha, destacando con los mayores promedios con o sin significación estadística, marcando una notable diferencia con una tendencia superior.
- ❖ En la combinación del tratamiento 3 (M1+M2), ha prevalecido el efecto de M1; por los valores obtenidos al ser inoculado solo; lo que permitió ser uno de los tratamientos destacados.
- ❖ No ha quedado claro el efecto del inoculante micorrícico M2 *Glomeromycota Fallow Inocula* (GFI) en los caracteres morfoproductivos evaluados en el híbrido de tomate en estudio.
- ❖ Es posible disminuir las cantidades de fertilizante sintético en el cultivo de tomate, utilizando alternativas innovadoras y amigables con el ambiente como las micorrizas y otros microorganismos benéficos.

6. RECOMENDACIONES

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

- ❖ Implementar los inoculantes micorrícicos como biofertilizantes, en particular Glomeromycota Wetland Inocula – GWI, en el cultivo de tomate en el valle de Ica, considerando el aumento de productividad evidenciado en esta investigación.
- ❖ Repetir el presente estudio, en parcelas de mayor tamaño a fin de poder comprobar el efecto de la aplicación de inoculantes micorrícicos en las principales variables morfoproductivas y rendimiento del tomate.
- ❖ Evaluar diferentes fuentes de inoculantes micorrícicos en el cultivo de tomate, por su importancia como cultivo alimenticios e industrial en la región Ica, en la búsqueda de un producto cosechado más saludable.
- ❖ Investigar sobre coinoculaciones de micorrizas con rizobacterias adecuadas para el cultivo de tomate, en la búsqueda de un manejo más sostenible del cultivo.
- ❖ Difundir los resultados de las investigaciones utilizando inoculantes micorrícicos y motivar a la empresa privada para el apoyo respectivo.
- ❖ Analizar la rentabilidad del uso de micorrizas en campos comerciales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] K. Ried y P. Fakler, "Protective effect of lycopene on serum cholesterol and blood pressure: Meta-analyses of intervention trials", *Maturitas*, vol. 68, no. 4, pp. 299-310, Abril 2011. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2010.11.018>
- [2] J. L. Guil-Guerrero y M. M. Reboloso-Fuentes, "Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties", *J Food Compos Anal.*, vol. 22, no. 2, pp. 123-129, Marzo 2009. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.012>
- [3] Ministerio del Ambiente (MINAM), *Línea de base de la diversidad del tomate peruano con fines de bioseguridad*, Primera edición. Lima, 2020. [En línea]. Disponible: <http://repositoriodigital.minam.gob.pe/xmlui/handle/123456789/664>
- [4] Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (SIEA) y Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), "Perfil productivo de los principales cultivos".2023. [En línea]. Disponible: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYjYwYTk5MDgtM2M0MS00NDMyLTgzNDEtMjNhNjEzYWQyOTNlIiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9> consultado: 15/06/2024
- [5] M. I. Vigliola, "Solanaceas", en *Manual de Horticultura*. Buenos Aires: Ed. Hemisferio Sur, 2007, pp. 155. [En línea]. Disponible: <https://es.scribd.com/document/356436671/Manual-de-Horticultura-Vigliola>
- [6] L. A. Flores, R. Lobato, J. J. Garcia, J. D. Molina, D. M. Sargeman y M. Velasco, "Parientes silvestres del tomate como fuente de germoplasma para el mejoramiento genético de la especie". *Rev. Fitotec. Mex.*, vol. 40, no. 1, pp. 83-91, Marzo 2017. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.35196/rfm.2017.1.83-91>
- [7] J. B. Jones, *Plagas y enfermedades del Tomate*. Madrid: Mundi Prensa. 2000.
- [8] J. Z. Castellanos, *Manual de Producción de Tomate en Invernadero*. Mexico: INTAGRI, 2009.
- [9] I. Navarro-González y M. J. Periago, "El tomate, ¿alimento saludable y/o funcional?" ,*Rev. Española Nutr. Humana Diet.*, vol. 20, no. 4, pp. 323 – 335, Diciembre 2016. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.14306/renhyd.20.4.208>
- [10] M. Allende, L. Salinas y A. Torres, *Manual de cultivo del tomate bajo invernadero*. Santiago: INDAP, 2017. [En línea]. Disponible: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6708>

- [11] J. Jaramillo, V. Rodríguez, M. Guzmán, M. Zapata y T. Rengifo, *Manual técnico buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. Medellín: CTP Print, 2007.
- [12] MIDAGRI, “El Cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum*)”, 2019 [En línea]. Disponible: <https://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/handle/20.500.13036/321>
- [13] AGRORURAL. Ficha técnica del cultivo de tomate.
<http://hdl.handle.net/20.500.13036/321>
- [14] F. Nuez, *El Cultivo del Tomate*. Madrid: Mundiprensa, 1995.
- [15] M. Brundrett, “Diversity and classification of mycorrhizal associations”, *Biol. Rev.*, vol. 79, no. 3, pp. 473-495, Agosto 2004 [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1017/s1464793103006316>
- [16] M. A. Cano, “A review of interaction of beneficial microorganisms in plants: mycorrhizae, *Trichoderma* spp. and *Pseudomonas* spp”, *Rev. U.D.C.A Actual. & Divulg. Cient.*, vol. 14, no. 2, pp. 15-31, Diciembre 2011. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.31910/rudca.v14.n2.2011.771>
- [17] B. Zhu, T. Gao, D. Zhang, K. Ding, C. Li y F. Ma, “Funtions of arbuscular mycorrhizal fungi in horticultural crops”, *Sci. Hortic.*, vol. 303, pp. 111219, Septiembre 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111219>
- [18] A. M. Serralde O. y M. M. Ramírez G., “Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz (*Zea mays*) cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos”, *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.*, vol. 5, no. 1, pp. 31-40, Octubre 2004. [En línea]. Disponible: https://doi.org/10.21930/rcta.vol5_num1_art:22
- [19] S. M. Carrillo S., J. Puente R., S. Montes R. y R. Cruz O., “Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica”. *Acta Bot. Mex.*, no. 129, Agosto 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932>
- [20] S. Smith y D. Read. *Mycorrhiza l Symbiosis*. 3rd. ed. Elsevier. London, UK. 803. 2008. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-370526-6.x5001-6>
- [21] M. Franco, “Evaluación de caracteres PGPR en actinomicetos e interacciones de estas rizobacterias con hongos formadores de micorrizas”, Tesis Doctoral, Universidad de Granada, Granada, España. 2008.
- [22] S. E. Barrera. “El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura”. *Rev. Bio. Agro.*, vol. 7, no. 1, pp 123-132, Enero-junio 2009. [En línea]. Disponible: <http://ref.scielo.org/jyf354>

- [23] J. Bagyaraj y S. Stürmer, “Hongos micorrizógenos arbusculares (HMA)”, en *Manual de Biología de Suelos Tropicales*. México: Inst. Nac. Ecol., 2012, pp. 217-41. [En línea]. Disponible: <https://books.google.com.co/books?id=m-QMzBiP0YC&printsec=frontcover&hl=es>
- [24] C. Muñoz, “Consideraciones al aplicar hongos micorrízicos”, en *El enorme potencial biológico de Perú, Rev. Biologicals Latam*, vol. 6, Abril 2024. [En línea]. Disponible: [https://biologicalslatam.com/ed/06/..](https://biologicalslatam.com/ed/06/)
- [25] A. Bago, “Micorrizas, un aliado invisible para la agricultura de América Latina”, en *El enorme potencial biológico de Perú, Rev. Biologicals Latam*, vol. 6, Abril 2024. [En línea]. Disponible: [https://biologicalslatam.com/ed/06/..](https://biologicalslatam.com/ed/06/)
- [26] E. Terry A. y A. Leyva G., “Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en tomate”, *Agron. Costarric.*, vol. 30, no.1, pp. 65-73, Enero - junio 2006. [En línea]. Disponible: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43630106>
- [27] A. R. Orna Ch., “Evaluación del efecto de la aplicación de micorrizas en la producción de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero”, Tesis Ingeniero Agrónomo. Esc. Super. Politec. Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2009. [En línea]. Disponible: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/357>
- [28] F. Fernández, J.M. Dell’Amico y P. Rodríguez, “Efectividad de algunos tipos de inoculantes micorrízicos a base de *Glomus hoi* “like” en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. Variedad “Amalia”)”. *Cultivos Tropicales*. vol. 27, no. 3, pp. 25–30, 2006. [En línea]. Disponible: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/download/369/pdf>
- [29] J. I. Durand, M. C. Riera, A. Fernandez y J. E. Goulet, “Respuesta del tomate al uso de alternativas orgánicas y micorriza en producción protegido en Guantánamo”, *Cent. Agrícola*, vol. 40, no. 3, pp. 15-21, 2013. [En línea]. Disponible: <https://biblat.unam.mx/hevila/Centroagricola/2013/vol40/no3/3.pdf>
- [30] M. Alvarado C., A. Díaz F., M. de los A. Peña del R, “Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida”, *Rev. Mex. Cienc. Agric.*, vol. 5, no. 3, pp. 513-518, 2014. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i3.954>
- [31] T. M. Bowles, F. H. Barrios-Masias, E. A. Carlisle, T. R. Cavagnaro y L. E. Jackson, “Effects of arbuscular mycorrhizae on tomato yield, nutrient uptake, water relations, and soil carbon dynamics under deficit irrigation in field conditions”, *Sci. Total Environ.*, vol. 566-567, pp. 1223-1234. Octubre 2016. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.178>

- [32] Y. Mujica P., B. de la Noval., J. Dell Amico. R., “Respuesta del cultivo de tomate a la aplicación de dos inoculantes de hongos micorrízicos arbusculares por vías diferentes de inoculación”. *Agron. Trop.*, vol.60, no.4, pp.381-388, Octubre 2010. [En línea]. Disponible: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2010000400008&lng=es&nrm=iso
- [33] Y. Mujica, “Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) por dos vías diferentes en el cultivo del tomate (*Solanun lycopersicum* L.)”. *Cultiv. Trop.*, vol. 33, no. 4, pp. 71-76, 2012. [En línea]. Disponible: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362012000400011&lng=es&nrm=iso
- [34] Y. Rodríguez Yon, B. de la Noval, F. Fernández y P. Rodríguez, “Estudio comparativo del comportamiento de seis cepas de hongos micorrízicos arbusculares en su interacción con el tomate (*Lycopersicon esculentum* M. var "Amalia")”. *Ecol. Apl.*, vol. 3, no. 1-2, pp. 162-171, Abril 2016. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.21704/rea.v3i1-2.286>
- [35] R. M. Arias Mota, A. D. J. Romero F., J. Bañuelos Trejo y Y. de la Cruz E., “Inoculación de hongos solubilizadores de fósforo y micorrizas arbusculares en plantas de jitomate”, *Rev. Mex. Cienc. Agrícolas*, vol. 10, no. 8, pp. 1747-1757, Diciembre 2019. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1558>
- [36] A. Quispe D., “Aplicación de micorrizas en semilla botánica para el enraizamiento de aguaymanto (*Physalis peruvian* L.) en la ciudad de Huaraz-Ancash”, Tesis Ingeniero Agrónomo, Univ. Nac. Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, 2016. [En línea]. Disponible: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1452>
- [37] Y. M. Cotrina S, “Eficacia de la inoculación de micorrizas en el suelo para incrementar la productividad del tomate (*Solanum lycopersicum*)”, Tesis Ingeniero Ambiental, Univ. Priv. Cesar Vallejo, Huarochirí, 2018. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/28097>
- [38] J. C. Luna Q., J. G. Zapana P., A.M. Cutipa L. y N. Florida R., “Efecto de la micorriza (*Glomus intrarradices*), en el rendimiento de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Altiplano de Puno – Perú”, *Rev. Investig. Altoandin.*, vol. 22, no. 1, pp. 58–67, Septiembre 2020. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.18271/ria.2020.535>
- [39] W. Castañeda, M. Toro, A. Solorzano y D. Zuñiga-Davila, “Production and Nutritional Quality of Tomatoes (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) Are improved in the Presence of Biochar and Inoculation with Arbuscular Mycorrhizae”, *Amer. J. Plant Sci.*, vol. 11, no. 3, pp. 426-436, 2020. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.4236/ajps.2020.113031>

- [40] C. C. Ramos, J. E. Hidalgo, M. A. Vera, J. J. Pedro, C. E. Rodríguez y M. E. Chaman, “Efecto del NaCl y micorrizas (*Rhizophagus irregularis*) en el crecimiento de “tomate” *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae)”, *Arnaldoa*, vol 28, no. 3, pp. 675-692, Diciembre 2021. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.283.28312>
- [41] L. Becerra F, “Efecto de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) en el crecimiento y producción del tomate (*Lycopersicum esculentum* L.)”, Tesis Ingeniero Agrónomo, Univ. Nac. Toribio Rodriguez de Mendoza de Amazon., Chachapoyas, 2022. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.14077/2727>
- [42] C. J. Ventura N., “Efecto de la inoculación de micorriza (*Glomus* spp) sobre el rendimiento y calidad en el cultivo de cebolla amarilla dulce (*Allium cepa* L.) cultivar Century en Villacuri – Ica”, Tesis Ingeniero Agrónomo, Univ. Nac. San Luis Gonzaga, Ica, 2020. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.13028/4278>
- [43] R. D. Finlay, “Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium”. *J. Exp. Botany*, vol. 59, no. 5, pp. 1115-1126, Febrero 2008. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1093/jxb/ern059>
- [44] Agrobesser, “Tomate Tyrant 1000Semillas, Semillas de Tomate Hibrido F1”. Accedido el 11 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://agrobesser.com/semillas/tomate-tyrant-1000semillas-semillas-de-tomate-hibrido-f1-nongwoo-bio-4909.html>
- [45] M. Corrales, Z. Arévalo y V. Moreno, “Solubilización de fosfatos: una función microbiana importante en el desarrollo vegetal”, *Nova*, vol. 12, no. 21, pp. 67, Junio 2014. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.22490/24629448.997>
- [46] C. Layton, E. Maldonado, L. Monroy, L.C. Corrales y L.C. Sánchez, “*Bacillus* spp.; perspectiva de su efecto biocontrolador mediante antibiosis en cultivos afectados por fitopatógenos”, *Nova*, vol. 9, no. 16, pp. 177-187. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.22490/24629448.501>
- [47] J. Espinosa de los Monteros, “Caracterización del proceso de fermentacion de *Bacillus subtilis* bajo respiración anaerobia de nitratos”, Tesis Doctoral, Univ. Nac. Autón. Méx., Cuernavaca, 2005. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/73715>.
- [48] Z. Arevalo y V. Moreno, “Identificación de la actividad solubilizadora de fosfato en *Bacillus* pertenecientes al banco de cepas del grupo Ceparium”, Univ. Col. Mayor de Cundinamarca, Ecuador, 2014. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.unicolmayor.edu.co/handle/unicolmayor/529>

- [49] J. Pretty, “Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence”, Reino Unido. *Philos. Trans. Roy. Soc. B: Biol. Sci.*, vol. 363, no. 1491, pp. 447- 465, Julio 2007. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163>
- [50] E. Hurtado, F. González-Vallejos, C. Roper, E. Bastías y P. Mazuela, “Propuesta para la determinación del contenido de clorofila en hojas de tomate”, *Idesia (Arica)*, vol. 35, no. 4, pp. 129-130, Diciembre 2017. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.4067/s0718-34292017000400129>
- [51] S. L. Camargo, N. M. Montaña, C. J De la Rosa y S. A. Montaña, “Micorrizas: Una gran unión debajo del suelo”, *Revista Digit. Universitaria*, vol. 13, no. 7, 2012. [En línea]. Disponible: <https://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf>
- [52] B. Krugh, L. Bickham y D. Miles, “The solid-state chlorophyll meter: a novel instrument for rapidly and accurately determining the chlorophyll concentrations in seedling leaves”, *News Lett.*, vol. 68, pp. 25–27, 1994.
- [53] M. Memenza-Zegarra, E. Ormeño-Orrillo y D. Zúñiga-Dávila, “Draft Genome Sequence of *Bacillus halotolerans* IcBac2.1, a Strain with Potential as a Phytopathogen Control Agent”, *Microbiol. Resource Announcements*, octubre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1128/mra.00857-22>

VIII. ANEXOS

8.1 Descripción del material utilizado

Material biológico: Inoculantes micorrícicos

Según Carrillo et al. [19] y Camargo et al. [51], las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas constituidas por el hongo micorrícico y las raíces de la planta, tiene como función principal un intercambio que consiste en que la planta le brinde un microhábitat y azúcares producto de su fotosíntesis (carbohidratos) al hongo, a cambio, el hongo le brinda mayor captación de agua y nutrientes que tienen baja disponibilidad en el suelo (fósforo). Hay dos casos de esta relación mutualista, en el caso de las ectomicorrizas que envuelven las raíces formando un manto y penetrando intercelularmente a través de las células del córtex o en el caso de las endomicorrizas donde el micelio penetra tanto intra como intercelularmente pero no forma ningún manto; por ejemplo, los hongos micorrícicos arbusculares del género *Glomus*, *Gigaspora* y *Acaulospora* pertenecientes al Phylum Glomeromycota.

En el presente estudio se utilizaron dos inóculos de hongos *Glomeromycota* nativos del Perú, pero, de diversa procedencia o localidad, según datos proporcionados por Castañeda et al. [39].

La especie de *Bacillus* sp. usada en esta investigación es una bacteria PGPR aislada de rizosfera del cultivo de frijol con capacidad biocontroladora de hongos fitopatógenos. Ha sido usado en diferentes ensayos en cultivos de frijol, tarwi, papa entre otros [53].

Los inoculantes utilizados fueron proporcionados por el LEMYB-UNALM.

Equipo de evaluación de clorofila

SPAD-502 Plus [52]

El equipo SPAD (Soil Plant Analysis Development) es un medidor portátil utilizado para evaluar la cantidad de clorofila en las hojas de las plantas, como las de tomate. Este dispositivo, específicamente el modelo SPAD-502 Plus, mide la absorbancia de la hoja a dos longitudes de onda, lo que permite determinar la cantidad relativa de clorofila presente.

El funcionamiento del medidor SPAD se basa en la correlación entre las unidades SPAD y la concentración de clorofila y nitrógeno total en las hojas de las plantas. La luz que llega a la hoja es absorbida por la clorofila y la parte que se refleja es captada por el medidor,

transformándose en una señal eléctrica. Esta señal se procesa y se cuantifica en valores SPAD, que van de 0 a 199.

8.2 Análisis de suelo



CERTIFICADO DE ANÁLISIS Y REGISTRO DE EMISIÓN DE LABORATORIO

Servicio:	Análisis Físico Químico		
Descripción:	Caracterización de suelo		
Procedencia:	San Luis Gonzaga de Ica		
Solicitante:	Claudia Gallardo Tipismana		
Muestra:	Suelo		
Toma de Muestra:	Cliente	F. de Ingreso:	18/05/2023
Cantidad:	Uno	F. de Proceso:	18/05/2023
Nº de Exp.:	Exp.314.23.AFQS.1B.8133	F. de Resultados:	02/05/2023

RESULTADOS

Parámetros de caracterización	Unidades	Lote 2 Efecto/híbrido F1 TYRANT
Físico - Químico		
C.E. (extracto 1:1)	uS/cm	0,27
pH (Extracto 1:1)	Und. pH	8,15
Boro Disponible	mg/Kg	<0,15
Fósforo Disponible	mg/Kg	<6,00
Acidez Cambiable	meq/100g	<0,20
Aluminio Cambiable	meq/100g	<0,02
Hidrógeno Cambiable	meq/100g	<0,020
Carbonato de Calcio	%	1,68
Materia Orgánica	%	1,34
Nitrógeno Total	mg/Kg	686,00
Relación C/N	-	11,3
Capacidad de Intercambio Catiónico	meq/100g	<0,50
Textura		
Arena	%	95
Arcilla	%	0
Limo	%	5
Clase textural	-	Arena
Bases Cambiables		
Calcio	meq/100g	3,41
Magnesio	meq/100g	0,80
Potasio	meq/100g	0,20
Sodio	meq/100g	0,13

1

RESULTADOS

Parámetros de caracterización	Unidades	Lote 2
Bases Disponibles		Efecto/híbrido F1 TYRANT
Calcio	meq/100g	16,41
Magnesio	meq/100g	1,14
Potasio	meq/100g	0,45
Sodio	meq/100g	0,24
Micronutrientes		
Cobre	mg/Kg	<1,00
Hierro	mg/Kg	<10,00
Manganeso	mg/Kg	1,44
Zinc	mg/Kg	<0,70

OBSERVACIONES:

- ✓ La muestra fue tomada por el cliente.
- ✓ El laboratorio solo se responsabiliza por los resultados emitidos de las muestras analizadas.
- ✓ Cualquier enmendadura anula el presente documento.

Nos despedimos de usted recordándole que estamos a su disposición para cualquier consulta a la que estaremos cordialmente.

Muy atentamente.



Blg. Mg. Sc. Noemi Varas Huaroto
CBP: 9827

Especialista en Nematología y Fitopatología
Laboratorio Agrícola
BIASTER SAC

8.3 Análisis nematológico



CERTIFICADO DE ANÁLISIS Y REGISTRO DE EMISIÓN DE LABORATORIO

Servicio:	Análisis Nematológico		
Procedencia:	San Luis Gonzaga de Ica		
Solicitante:	Claudia Gallardo		
Cultivo:	Tomate (Hibrido F1 TYRART)		
Muestra:	Suelo		
Toma de Muestra:	Cliente	F. de Ingreso:	18/05/2023
Cantidad:	Uno	F. de Proceso:	18/05/2023
Nº de Exp.:	Exp.312.23.AN1.1.8130	F. de Resultados:	24/05/2023

RESULTADOS

Nematodos en el suelo	Nº de Ind/100cc de suelo ¹	Características
	Lote 2	
<i>Meloidigyne</i> <i>Rhabditido</i>	00 1321	Endoparásito sedentario Saprófito
<i>Meloidigyne</i>	-	
Nº de huevos/g de raíz ²	S/R	

¹Método en suelo: Baermann modificado

²S/R: Muestra sin raíz

INTERPRETACIÓN DE RESULTADO

La muestra analizada, para el diagnóstico nematológico, no reporta la presencia de ningún género fitoparásito, pero se identificó el género *Rhabditido*, nemátodo saprófito o de vida libre, que no representa problema alguno al cultivo, por ser bacteriófago.

1

Santa Rosa de Lima, II etapa B-42, Parcona, Ica, Perú.
Cel: 994266109 - 956208554
E-mail: comercial@biaster.com.pe - noemi.varas@biaster.com.pe

8.3 Datos meteorológicos

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Estación CO - TACAMA

Latitud : 13°59'59.1" S

Longitud : 75°43'14" W

Altitud : 440 msnm

Dpto. : Ica

Provincia : Ica

Distrito : Tinguíña

Parámetro : HUMEDAD RELATIVA MENSUAL (%)

Año: Mayo – Octubre 2023.

AÑO	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
2023	82.62	84.55	83.73	82.64	78.22	74.75

mm=l/m²

S/D= sin datos

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: "CLAUDIA MARIANA, GALLARDO TIPISMANA"

PARA TESIS:

"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULARES MICORRIZICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE (Solanum lycopersicum L.) EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA"



Firma Digital
Firmado digitalmente por ROSAS LUJAN Ricardo Antonio FAU 2013190426 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22.05.2024 00:46:47 -0500

Senamhi
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA
E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

Ica, 21 de mayo del 2024

Parque Industrial MZ A lote 5-Ica

Telef. 056-480148

www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Estación CO - TACAMA

Latitud : 13°59'59.1" S

Longitud : 75°43'14" W

Altitud : 440 msnm

Dpto. : Ica

Provincia : Ica

Distrito : Tinguíña

Parámetro : HORAS DE SOL MENSUAL

Año: Mayo – Octubre 2023.

AÑO	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
2023	197.8	185.9	187.8	195.1	170.7	237.7

mm=l/m²

S/D= sin datos

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: "CLAUDIA MARIANA, GALLARDO TIPISMANA"

PARA TESIS:

"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULARES MICORRIZICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE (Solamum lycopersicum L.) EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA"



Firma Digital

Firmado digitalmente por ROSAS LUJAN Ricardo Antonio FAU
2013.09029 ecd
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22.05.2023 09:50:51 -05:00

Ica, 21 de mayo del 2024
Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
Telef. 056-480148
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Estación CO - TACAMA

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

Dpto. : Ica
 Provincia : Ica
 Distrito : Tinguiña

Parámetro : TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL (°C) Año: Mayo – Octubre 2023.

AÑO	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
2023	28.6	26.3	25.9	26.5	28.4	30.6

mm=l/m²
 S/D= sin datos

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: "CLAUDIA MARIANA, GALLARDO TIPISMANA"

PARA TESIS:

"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULARES MICORRIZICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE (Solanum lycopersicum L.) EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA"



Firma Digital
 Firmado digitalmente por ROSAS LUIZAN Ricardo Antonio FAU 2013.00028 soft
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 22.05.2024 00:51:07 -05:00

Ica, 21 de mayo del 2024
 Parque Industrial MZA lote 5-Ica
 Telef. 056-480148
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Estación CO - TACAMA

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

Dpto. : Ica
 Provincia : Ica
 Distrito : Tinguiña

Parámetro : TEMPERATURA MINIMA MENSUAL Año: Mayo – Octubre 2023.

AÑO	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
2023	14.8	12.9	12.3	12.7	13.1	15.4

mm=1/m²
 S/D= sin datos

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: "CLAUDIA MARIANA, GALLARDO TIPISMANA"

PARA TESIS:

"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULARES MICORRIZICOS EN LOS CARACTERES MORFOPRODUCTIVOS DEL TOMATE (Solanum lycopersicum L.) EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA"



Ica, 21 de mayo del 2024
 Parque Industrial MZ A lote 5-Ica
 Telef. 056-480148
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

8.4 Panel Fotográfico



Figura 2. Demarcación del terreno



Figura 3. Inoculación micorrícica



Figura 4. Inoculación y trasplante de plantines



Figura 5. Dilución de *Bacillus* sp.



Figura 6. Aplicación de *Bacillus* sp.



Figura 7. Planta aplicada con *Bacillus* sp.



Figura 8. Aplicación de fertilizante



Figura 9. Toma de Altura de la planta.



Figura 10. Medición de clorofila



Figura 11. Aplicación de biol.



Figura 12. Protección del campo experimental



Figura 13. Peso de frutos por calibre.



Figura 14. Primera cosecha y su clasificación por calibre.



Figura 15. Segunda cosecha de una planta.



Figura 16. Muestra para análisis de laboratorio.



Figura 17. Tercera Cosecha de una planta