



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**EFECTO DE *Trichoderma* spp. Y MICORRIZAS, EN EL
RENDIMIENTO DEL FRUTO DE FRESA cv. SAN ANDREAS EN
LA IRRIGACIÓN LA JOYA AREQUIPA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ABEL PEDRO HANCCO PUMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2025



ABEL PEDRO HANCCO PUMA

EFECTO DE *Trichoderma* spp. Y MICORRIZAS, EN EL RENDIMIENTO DEL FRUTO DE FRESA cv. SAN ANDREAS EN L...

 My Files

 My Files

 Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:518731507

Fecha de entrega

27 oct 2025, 7:39 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

27 oct 2025, 7:43 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS EFECTO DE *Trichoderma* spp. Y MICORRIZAS, EN EL RENDIMIENTO DEL FRUTO DE FRESA cv.pdf

Tamaño del archivo

3.6 MB

99 páginas

20.097 palabras

103.692 caracteres





10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

- Caracteres reemplazados**
27 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Msc. Marco Vera L.
Director de Tesis

Dr. Manuel A. Caltobuena P.
Sub-Director Investigación en EPIA - FCA





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
EFFECTO DE *Trichoderma* spp. Y MICORRIZAS, EN EL
RENDIMIENTO DEL FRUTO DE FRESA cv. SAN ANDREAS EN
LA IRRIGACIÓN LA JOYA AREQUIPA

PRESENTADA POR:

Bach. ABEL PEDRO HANCCO PUMA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADOR POR:

PRESIDENTE:


.....
M.Sc. SATURNINO MARCA VILCA


PRIMER MIEMBRO:


.....
D.Sc. EDGAR PELINCO RUELAS

SEGUNDO MIEMBRO:


.....
D.Sc. JUAN CARLOS LUNA QUECAÑO

DIRECTOR / ASESOR:


.....
M.Sc. MARCO ALEXIS VERA ZÚÑIGA

ÁREA: Cultivos hortícolas

TEMA: Biofertilización con *Trichoderma* y micorrizas en el cultivo de fresa

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 01 de julio del 2025



DEDICATORIA

Dedico esta tesis con profundo amor y gratitud a mis padres, *Saturnino Hanco Flores* y *María Antonia Puma Gutiérrez*. A mi madre, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser siempre mi guía y fortaleza. A mi padre, quien me acompañó hasta la culminación de esta etapa y partió después de mi sustentación, le agradezco eternamente por su ejemplo de vida, su esfuerzo incansable y su fe en mí. Esta tesis también es tuya, papá; donde estés, sé que sigues orgulloso.

Asimismo, dedico este logro a mis hermanos *Mario, Ivana, Hamilton, Sandra* y *Saddam*, por estar siempre presentes en los momentos más importantes, por sus palabras de aliento y por su cariño sincero. Gracias por su compañía, su motivación y por ser parte esencial de este camino.

Abel Pedro Hanco Puma



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano Puno, mi alma mater, y en especial a la Facultad de Ciencias Agrarias y a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, por haberme brindado una formación académica sólida y por las valiosas enseñanzas transmitidas por cada uno de sus docentes durante los cinco años de mi trayectoria estudiantil.

Mi sincero agradecimiento al M.Sc. Marco Alexis Vera Zúñiga, por su acompañamiento constante, por creer en mí y por brindarme su apoyo incondicional durante todo el proceso de investigación. Gracias por sus enseñanzas, consejos y por motivarme siempre a dar lo mejor de mí.

Extiendo también mi gratitud a la empresa Biohali, por su valioso aporte en la ejecución de este proyecto, facilitándome los insumos fundamentales como son los bioestimulantes a base de los microorganismos *Trichoderma spp* y micorrizas.

Agradezco de manera especial al Ing. Wilfredo Néstor Bueno Dávila, propietario del fundo La Escondida E.I.R.L., por su generosidad al facilitarme el terreno necesario para la implementación del experimento, haciendo posible la realización de esta investigación.

Finalmente, expreso mi agradecimiento al M.Sc. Alberto Lázaro Anculle Arenas, fitopatólogo y docente principal de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA), por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias en investigaciones similares, contribuyendo significativamente al desarrollo de este trabajo.

Abel Pedro Hanco Puma



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVOS.....	19
1.1.1. Objetivo general	19
1.1.2. Objetivos específicos	19
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	20
2.2. MARCO TEÓRICO	23
2.2.1. Fresa	23
2.2.2. Valor Nutricional	24
2.2.3. Importancia Económica	25
2.2.4. Características botánicas de la fresa.....	26
2.2.5. Taxonomía de la fresa	26



2.2.6. Requerimientos agroecológicos del cultivo de fresa.....	27
2.2.7. Variedad San Andreas	28
2.2.8. Ventajas y limitaciones agronómicas de fresa San Andreas	28
2.2.9. Adaptabilidad a zonas áridas de la fresa San Andreas	29
2.2.10. Factores limitantes para la producción de fresa	29
2.2.11. Estrategias de manejo sostenible del cultivo de fresa en zonas áridas....	31
2.2.12. <i>Trichoderma</i> spp.....	34
2.2.13. Características del <i>Trichoderma</i>	35
2.2.14. Clasificación taxonómica del <i>Trichoderma harzianum</i>	36
2.2.15. Micorrizas	37
2.2.16. Tipos de micorrizas	38
2.2.17. Rendimiento agronómico (número y peso de frutos).....	39
2.2.18. Parámetros de crecimiento (altura, biomasa y área foliar).....	39
2.2.19. Calidad de frutos (contenido de azúcares, firmeza y color).....	40
2.2.20. Sinergia entre <i>Trichoderma</i> spp. y hongos micorrízicos arbusculares....	41

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO.....	42
3.2. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS.....	43
3.3. TIPO DE ESTUDIO	44
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	44
3.5. METODOLOGÍA	45
3.5.1. Manejo agronómico del cultivo	45
3.5.2. Materiales, equipos y herramientas	59
3.5.3. Diseño Metodológico	60



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DOSIS DE <i>Trichoderma</i> Y MICORRIZAS EN EL TAMAÑO DEL FRUTO DE FRESA	64
4.1.1. Diámetro de fruto de fresa.....	64
4.1.2. Longitud de fruto.....	65
4.1.3. Altura de planta	67
4.2. DOSIS DE <i>Trichoderma</i> Y MICORRIZAS EN EL RENDIMIENTO DE FRESA.....	68
4.2.1. Peso de fruto.....	68
4.2.2. Número de frutos de fresa	70
4.2.3. Rendimiento por hectárea de fruto de fresa	71
4.3. COSTO/BENEFICIO DE <i>Trichoderma</i> Y MICORRIZAS, EN EL CULTIVO DE FRESA	73
V. CONCLUSIONES	80
VI. RECOMENDACIONES	81
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXOS.....	87



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Valor nutricional por cada 100 gramos de fruto comestible de fresa.....	24
Tabla 2 Registro del clima para el periodo de cultivo nov-2022 a jun-2023.....	43
Tabla 3 Concentraciones de producto y dosis recomendada para Tricot y Micoss..	53
Tabla 4 Tratamientos combinados para Tricot y Micoss.....	54
Tabla 5 Dosis aplicada por unidad experimental de los productos Tricot y Micoss.	54
Tabla 6 Análisis de varianza para diámetro de fruto de fresa.....	64
Tabla 7 Análisis de varianza para longitud de fruto de fresa.....	66
Tabla 8 Análisis de varianza para altura de planta de fresa.....	67
Tabla 9 Análisis de varianza para peso de fruto de fresa.....	68
Tabla 10 Análisis de varianza para número de frutos de fresa.	70
Tabla 11 Análisis de varianza para rendimiento por hectárea de fresa.....	72
Tabla 12 Costos de producción de fresas cv. San Andreas para una hectárea T9M9	74
Tabla 13 Análisis de rentabilidad para cultivo de fresa San Andreas con el tratamiento T9M9.....	75
Tabla 14 Punto de equilibrio para la producción de fresas en el tratamiento T9M9..	76
Tabla 15 Costos de producción de fresas cv. San Andreas para una hectárea (testigo).	77
Tabla 16 Análisis de rentabilidad para cultivo de fresa San Andreas con el tratamiento Testigo T0M0.	79
Tabla 17 Comparación de medias de Tukey para diámetro de fruto de fresa en mm.	87
Tabla 18 Comparación de medias de Tukey para longitud de fruto de fresa en mm. .	88
Tabla 19 Comparación de medias de Tukey para altura de planta en cm.	89
Tabla 20 Comparación de medias de Tukey para peso de fruto de fresa en g.....	90



Tabla 21 Comparación de medias de Tukey para número de frutos por planta. 91

Tabla 22 Comparación de medias de Tukey para Rendimiento de fresa en kg/ha. 92



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Mapa de ubicación de la investigación, La Joya - Arequipa 2023.....	42
Figura 2 Condiciones climáticas Nov-2022 a Jun-2023.....	43
Figura 3 Camellones y pasillos del campo experimental.	46
Figura 4 Distribución de hoyos a 30 cm de distancia.....	50
Figura 5 Plantines de Fresa cv. San Andreas listas para el transplante en parcelas experimentales.....	51
Figura 6 Preparación y activación de Micoss y Tricot.	56
Figura 7 Poda de hojas y flores secas.	57
Figura 8 Evaluaciones del cultivo durante la cosecha.	58
Figura 9 Cosecha de frutos de fresa y evaluación simultánea.	59
Figura 10 Diámetro del fruto de fresa, sometidos a dos factores Tricot y Micoss.	65
Figura 11 Longitud de fruto de fresa sometidos a dos factores Tricot y Micoss.....	67
Figura 12 Peso de fruto de fresa sometidos a dos factores Tricot y Micoss.....	69
Figura 13 Número de frutos de fresa sometidos a dos factores Tricot y Micoss.....	71
Figura 14 Rendimiento de fruto de fresa (Kg/ha) sometidos a dos factores Tricot y Micoss.....	72



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Resultados del análisis estadístico	87
Anexo 2 Panel fotográfico	93
Anexo 3 Declaración jurada de Autenticidad de tesis	98
Anexo 4 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional	99



ACRÓNIMOS

cc:	Centímetros cúbicos
cv.:	Cultivar
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
g:	Gramos
HMA:	Hongos micorrízicos arbusculares
ITIS:	Integrated Taxonomic Information System
kg/ha:	Kilogramos por hectárea
Kcal:	Kilo calorías
L:	Litro
mg:	Miligramos
mmhos:	Milimhos
MS:	Metam sodio
PGPF:	Hongos promotores del crecimiento vegetal
PGPR:	Rizobacteria promotora del crecimiento vegetal
pl:	Planta
PVC:	Policloruro de vinilo
ROS:	Especies reactivas de oxígeno
sp.:	Especie
spp.:	Sub especie
UFC:	Unidades formadoras de colonia
vs:	Versus



RESUMEN

En el distrito de La Joya, ubicado en la provincia de Arequipa, se presenta una problemática asociada a las condiciones climáticas áridas, caracterizadas principalmente por la escasez de agua y suelos pobres en materia orgánica. En este contexto, se llevó a cabo una investigación cuyo objetivo fue determinar el efecto de los microorganismos *Trichoderma spp.* y micorrizas vesículo-arbusculares en el rendimiento del cultivo de fresa cv. “San Andreas” y su rentabilidad económica, utilizando un sistema de riego por goteo. El ensayo consideró dos tipos de biofertilizantes (*Trichoderma spp.* y micorrizas) aplicados en diferentes dosis sobre una plantación de 2,016 plantas de fresa, distribuidas en 48 unidades experimentales. Los resultados obtenidos mostraron efectos altamente significativos en diversas variables agronómicas. Para el peso del fruto, el tratamiento T9M9 alcanzó un promedio de 23.16 g. En diámetro de fruto, el tratamiento T3M6 obtuvo un promedio de 41.84 mm; y en longitud del fruto, el tratamiento T3M3 registró un promedio de 53.97 mm. En relación con el número de frutos, se observó diferencia significativa únicamente para el factor Mícos, alcanzando un máximo de 87.89 frutos con el tratamiento T6M3. Asimismo, el rendimiento mostró diferencias significativas para el mismo factor, con un promedio de 10,999.09 kg/ha bajo el tratamiento T9M9. El análisis costo-beneficio reveló que el tratamiento T9M9 generó un índice de rentabilidad del 47.79%, con una utilidad neta de 17,784.05; demostrando que el cultivo de fresa en la irrigación de La Joya es altamente rentable bajo estas condiciones de manejo.

Palabras Clave: Fresa, Micorrizas, Materia orgánica, Producción, *Trichoderma*.



ABSTRACT

In La Joya-Arequipa there is a problem whose main climatic characteristic is the scarcity of rainfall with an arid soil, the research was carried out in the district of La Joya, province of Arequipa; its objective was to determine the effect of microorganisms (*Trichoderma* spp. and Vesiculoarbuscular mycorrhizae) on the yield of the strawberry crop cv. "San Andreas" and its cost, using drip irrigation, two biofertilizers *Trichoderma* spp. and Mycorrhizae were tested with different doses in a strawberry plantation cv. "San Andreas" consisting of 2,016 plants organized in 48 experimental units, the results obtained for fruit weight were highly significant for Tricot and Micoss, with an average weight of 23.16 g for treatment T9M9, for fruit diameter an average of 41.84 mm with treatment T3M6; in fruit length an average of 53.97 mm with the T3M3 treatment, for the number of fruits it has been determined that there is only a significant difference for the Micoss factor, reaching a maximum of 87.89 fruits harvested with the T6M3 treatment and for the yield per hectare there is a significant difference for the Micoss factor, reaching an average of 10,999.09 kg / ha for the T9M9 treatment. The cost-benefit analysis has determined that it has a profitability index of 45.86% for the T9M9 treatment, with a net profit of 17,292.13 soles. It has been concluded that there are no significant differences between the use of both types of microorganisms because they are very similar in their effects on the crop. The best dose of microorganisms is the T9M9 combination, that is, 9 kg Tricot and 9 kg of Micoss per hectare. The cost-benefit analysis shows that strawberry cultivation in the La Joya irrigation is very profitable.

Keywords: Mycorrhiza, Organic matter, Production, Strawberry, *Trichoderma*.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La cultivo de fresa es una actividad económica de exportación, teniendo una importancia considerable, la fresa por sus características organolépticas para el público en general, es un cultivo que presenta ciertas ventajas que deben ser aprovechadas y constituye una buena alternativa al permitir producir en áreas pequeñas y generar empleo continuo durante la cosecha, la introducción de nuevas variedades y la adopción de paquetes tecnológicos como el uso de biofertilizantes, riego tecnificado, han logrado elevar los rendimientos en forma considerable, diversas investigaciones han evaluado sobre el impacto del uso de *Trichoderma* (Cetinel et al., 2021; Maher, 2021).

El uso de *Trichoderma* y micorrizas ha sido objeto de numerosos estudios recientes, debido a su potencial como estrategia integral para mejorar la sostenibilidad de los agroecosistemas, superando la eficacia a tratamientos individuales evidenciando un efecto aditivo o incluso multiplicativo, esta estrategia contribuye a la reducción del uso de fertilizantes y pesticidas, favoreciendo sistemas agrícolas más ecológicos y resilientes al cambio climático, mejoras en la salud del suelo mediante mayor actividad microbiana, y un aumento en la calidad del fruto. Esta combinación también ha demostrado fortalecer el sistema inmunológico de las plantas, reduciendo la incidencia de enfermedades y mejorando la eficiencia fisiológica. Las plantas inoculadas presentan un equilibrio hormonal más favorable, con niveles elevados de auxinas y citoquininas que favorecen tanto el crecimiento como la formación de frutos. En ensayos comparativos, el uso simultáneo de ambos microorganismos ha superado en eficacia a tratamientos individuales, evidenciando un efecto aditivo o incluso multiplicativo. Además, esta estrategia contribuye a la reducción del uso de fertilizantes y pesticidas, favoreciendo



sistemas agrícolas más ecológicos y resilientes al cambio climático (Nakielska et al., 2024; Yang et al., 2022; Huasasquiche, et al., 2024; Ertürk, 2022).

Los principales factores que impactan la producción de fresas en zonas áridas están relacionados con la limitada disponibilidad de agua. Las fresas requieren un riego constante y adecuado, especialmente durante las etapas críticas de floración y fructificación. La escasez de agua provoca estrés hídrico en las plantas, lo que se traduce en un menor crecimiento, un sistema radicular poco desarrollado, una reducción en la tasa de fotosíntesis y, como consecuencia, una disminución tanto en el tamaño como en la calidad de los frutos (Hernández, 2024).

La implementación de sistemas de riego por goteo es importante, optimiza el uso del agua al entregarla directamente a la zona radicular y minimiza las pérdidas por evaporación (Strik et al., 2020). Las fresas son sensibles a la salinidad. Niveles elevados de sales en el suelo o en el agua de riego generan estrés osmótico, dificultando la absorción de agua por la planta, reduciendo el crecimiento, causando toxicidad celular y, en casos extremos, provocando la pérdida del cultivo.

Las condiciones áridas en Perú representan un desafío significativo para la producción de fresa, un cultivo que requiere un ambiente específico para su desarrollo óptimo. La mayor parte de la producción de fresas en Perú se concentra en el Norte Chico de Lima (Barranca, Huacho, Huaura, Huaral, Chancay y Cañete), una zona costera con características desérticas que exacerban los problemas asociados a la aridez (UPOV, 2008).

El distrito de La Joya se ubica al oeste de la ciudad de Arequipa, se encuentra a un altitud de 1,169 y 1,665 m.s.n.m; las pampas de la Joya están compuestas de salitre, cantos rodados, cascajo, arena y piedra, con presencia de dunas que se mueven hasta 15



metros al año por acción de los vientos, la zona sur presenta un tinte rojizo debido al cuarzo ferruginoso; su clima es desértico y la temperatura anual media es de 18 °C con variaciones entre los 10 °C a 35 °C (Almonte, 2016).

El presente estudio de investigación está enmarcado dentro del área de cultivos hortícolas y la línea de investigación en el tema de efecto de *Trichoderma* spp. y micorrizas, en el rendimiento del fruto de fresas cv. “San Andreas” en la irrigación La Joya – Arequipa.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la dosis de *Trichoderma* spp. y Micorrizas vesículo arbusculares en el rendimiento de fruto de fresa cv. “San Andreas” y el costo/beneficio en condiciones de la irrigación de La Joya - Arequipa.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la mejor combinación de dosis de *Trichoderma* y micorrizas para el tamaño del fruto de fresa cv. “San Andreas” en condiciones de la irrigación La Joya.
- Determinar la mejor combinación de dosis de *Trichoderma* y micorrizas para el rendimiento del fruto de fresa cv. “San Andreas” en condiciones de la irrigación La Joya.
- Determinar el costo/beneficio de la mejor dosis de *Trichoderma* y micorrizas, en el cultivo de fresa cv. “San Andreas” en condiciones de la irrigación La Joya.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

López et al., (2020) realizaron un estudio en producción y acumulación de materia seca en fresa (*Fragaria x ananassa* DUNCH.) con sustratos con metam sodio y micorrizas, para evaluar sus variables, evaluó el efecto del sustrato antes de plantación con metam sodio (MS) o mediante inoculación con micorrizas sobre el rendimiento de la planta, observó que no hubo significancia entre los componentes de metam sodio ni las micorrizas en el rendimiento, la adición de composta al sustrato, tampoco afectó el rendimiento ni en el número de frutos por planta, observó que en la variedad Zamorana tuvo mayor rendimiento y peso de fruto que la variedad Festival, con 410.2 vs. 345.5 g/pl respectivamente.

Quispe (2017) para determinar la influencia de dos abonos orgánicos inoculados con *Trichocastle* (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride* y *Trichoderma virens*) en el cultivo de fresa *Fragaria* spp. Variedad Camarosa, trazó los siguientes objetivos evaluar el desarrollo vegetativo del cultivo de fresa y el rendimiento utilizando dos abonos orgánicos sin inocular e inoculados con *Trichocastle* con los tratamientos T1 (estiércol de ovino inoculado con *Trichocastle*), T2 (estiércol de vacuno inoculado con vacuno inoculado con *Trichocastle*), T3 (estiércol de ovino sin inoculación), T4 (estiércol de vacuno sin inoculación). T5 (Testigo) realizó las mediciones para las variables como longitud de peciolo, ancho del peciolo, ancho del foliolo, número de frutos/planta, diámetro del fruto, peso del fruto, rendimiento en kg/ha, obtuvieron los mejores resultados con respecto al peso del fruto con 16.05 g y 15.10 para T2 y T1 y para rendimiento por hectárea el mejor tratamiento fue el T1 con 11,022.2 kg/ha.



Mendoza (2016) realizó el control de ácaros mediante la aplicación de *Bacillus subtilis* en el cultivo de fresa (*Fragaria vesca*) con el objetivo de reducir el uso de plaguicidas e incentivar en el agricultor una producción limpia, preservando el ambiente, el uso de tecnologías innovadoras con una visión interdisciplinaria como es el control biológico, la preparación consistió en preparar unidades de crianza en una placa petri en espuma de poliuretano de 1.0 cm de espuma, humedecido con agua destilada, realizó aplicaciones de *Bacillus subtilis* a los 7.14 y 21 días con una dosis de 1 y 2.3 cc/L de H₂O. Observó que la aplicación de 3 cc/L a los 14 días produjo una mortalidad de 17.23% y 49.17% respectivamente lo cual es favorable para la producción de fresas.

Sánchez (2015) según la caracterización morfológica y productiva de selecciones avanzadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Dunch.) planteó con el objetivo de caracterizar morfológicamente y productivamente diez selecciones avanzadas de fresa bajo condiciones de invernadero y campo a fin de proponer el registro de al menos una de ellas como nueva variedad en el catálogo del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, según los resultados del análisis de componentes principales reveló que las selecciones avanzadas y las variedades comerciales formaron un solo conjunto, las variedades UM4, UM8 y festival exhibieron los más altos valores de rendimiento por planta (55.54, 53.33 y 53.86 g respectivamente) y las variedades UM2, UM3, UM8, UM9 y Festival mostraron los valores más altos de rendimiento acumulado por planta 913.16, 887.15, 857.31 y 905.87 g respectivamente.

González (2012) en su trabajo de investigación *Bacillus subtilis* como promotora del rendimiento y calidad de fresa tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inoculación de plantas con *Bacillus subtilis* sobre el crecimiento, rendimiento de las plantas y sobre la calidad de frutos en las variedades Jacona y Albion, para dicho experimento se tuvo 6 tratamientos, con una concentración de 15 ml de suspensión bacteriana (1x10⁷ UFC ml-



1), las aplicaciones fueron en la raíz al momento del trasplante y posteriormente cada 15 días, en el proceso de desarrollo de las plantas se midieron los parámetros de calidad del fruto y rendimiento, teniendo como resultado la mejora del crecimiento y rendimiento en ambas variedades de fresa, pudiéndose registrar que el tratamiento con *Bacillus subtilis* MZA produjo un incremento significativo en el peso de fruto en Jacona (59%), mientras que *Bacillus subtilis* DN aumentó el diámetro ecuatorial de fruto con (18%) en Jacona.

Soria (2012) para realizar un estudio de calidad y rendimiento de fresa inoculada con hongos determinó el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares sobre las variables agronómicas y características de calidad de frutos de fresa, usó plántulas de *Fragaria x ananassa* Duch, de la variedad extranjera Albion y de la variedad mexicana Jacoma, a las cuales inoculó hongos micorrízicos arbusculares (HMA) o con una sola especie de HMA (*G. clarum*) con la finalidad de evaluar su efecto sobre las variables biométricas (área foliar, biomasa y rendimiento, calidad externa (e.g. tamaño del fruto) y calidad interna (e.g. pH Brix, acidez titulable, vitamina C y antocianinas) de frutos de fresa, los resultados mostraron que la variedad Jacona es competitiva en relación a la variedad Albion.

Chiqui (2010) hizo una investigación de evaluación de rendimiento en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) donde los tratamientos probados para realizar la comparación entre los dos sistemas fueron: Tratamiento A (Orgánico): Fertivegetal 10g/pl. a la siembra, biol de hiervas 200 cc/l, té de estiércol bovino 200 cc/l, humus líquido 100 cc/l, purín de cerdo 100 cc/l y biol de frutas 200 cc/l aplicadas en diferentes etapas del cultivo, tratamiento B (Químico): Nutrient Express 3 g/l (5 g /pl a la siembra), Diamónico (DAP) 1 g/l (2.8 k a la siembra). Muriato de potasio (MOP) 1,5 k a la siembra, Foliar plus 2.5 cc/l, Vigorizador 0.5 g/l súper sol 1 g/l, según la producción /ha se obtuvo



los resultados en el tratamiento. A con un rendimiento de 50,757.1 kg y para el tratamiento con 49,078.1 kg.

Cruz (2007) propuso realizar, el distanciamiento y tres alternativas de manejo de enfermedades en el cultivo orgánico de fresa (*Fragaria* spp.) variedades Festival, en las Sabanas, Madriz con el propósito de conocer las distancias de siembra y tratamiento orgánico de enfermedades, siendo los factor A distancias de siembra (0.25, 0.30 y 0.35 m entre plantas) y el factor B tratamientos de enfermedades (*Trichoderma harzianum*, caldo sulfocálcico y un testigo absoluto) determinó factor densidad de siembra donde presentó efecto significativo sobre las variables de crecimiento como: longitud de foliolo, ancho del foliolo, longitud del peciolo, número de hojas y número de coronas, destacándose un mayor efecto en el rendimiento total fue 7,444 kg/ha con el tratamiento del caldo sulfocálcico con un distanciamiento de 0.25 m, seguido de 6,550.00 kg/ha con el tratamiento de *Trichoderma harzianum* con un distanciamiento de 0.30 m.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Fresa

La fresa (*Fragaria X ananassa* Dunch) es un cultivo de climas templados, que se adapta muy bien a las condiciones de costa y sierra de nuestro país, (Olivera, 2012). La fresa es una especie hortícola de reproducción vegetativa ya que se produce por estolones originada por el cruce de dos especies octaploides del mismo género ($2n=8x=56$) *Fragaria chiloensis* (L.) Dunch. X *Fragaria virginiana* L. también es conocida como frutilla en Argentina, morango en Brasil, fresón en España, fraise en francés, fragola en italiano, strawberry en inglés (Ñahuinlla, 2018).

La fresa como actividad económica se basa en parte a la exportación de fruta congelada que en los últimos años va en aumento con la finalidad de fomentar el potencial en este cultivo (Espinoza, 2009), además esta actividad es importante para el mercado nacional, donde también se incrementó la producción dirigida a abastecer los mercados mayoristas de las grandes ciudades (Olivera, 2012).

2.2.2. Valor Nutricional

La fresa es un fruto delicioso y a la vez nutritivo, es una fuente muy rica en vitamina C, potasio, ácido fólico y además contiene fibra dietética y betacaroteno, por su puesto tiene 0 colesterol y 0 grasas saturadas:

Tabla 1

Valor nutricional por cada 100 gramos de fruto comestible de fresa

Valor energético	40 kcal
Proteínas	0,9 g
Grasas	0,5 g
Carbohidratos	13 mg
Calcio	21 mg
Fósforo	21 mg
Potasio	164 mg
Ácido Fólico (Vit N o Bc)	0,07 mg
Sodio	1 mg
Hierro	1 mg
Vitamina A	100 U.I.
Vitamina B1	0,3 mg
Vitamina B2	0,97 mg
Vitamina B5	0,90 mg
Vitamina C	90 mg

Fuente: FAO, citado por (Olivera,2012).



2.2.3. Importancia Económica

La fresa es de gran importancia en todo el mundo, porque forma parte de la dieta de millones de personas, la fresa es uno de los frutos de mayor consumo mundial, 1.6 kilogramos por persona al año en promedio, Estados Unidos llega a 3.6, mientras en el Perú apenas 0.7 kg/persona/año, para el Perú, es un cultivo rentable para los productores es lo que ha motivado el crecimiento de superficie cultivada que llega a 2,000 ha cada campaña, actualmente se cultivan en la ciudades como Barranca, Huaral, Huaura, Huacho también en el sur como Cañete incluso Arequipa (REDAGRICOLA, 2017) mencionado por (Ñahuinlla, 2018).

En 2020, la producción mundial alcanzó los 8.8 millones de toneladas, con Polonia destacándose como el segundo mayor productor de la Unión Europea, al dedicar más de 33,900 hectáreas a este cultivo (Nakielska et al., 2024). En México, la fresa se posiciona como un cultivo estratégico, especialmente la variedad 'San Andreas', reconocida por su alta productividad y adaptabilidad a diversas condiciones agroecológicas, incluyendo zonas áridas, lo que refuerza su importancia económica (Martínez de la Cruz et al., 2022; Huasasquiche et al., 2024). Este cultivo no solo genera ingresos significativos, sino que también fomenta el desarrollo de tecnologías agrícolas sostenibles, como el uso de bioinsumos basados en microorganismos benéficos. Por ejemplo, la suplementación con rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) ha demostrado mejorar el rendimiento, la calidad del fruto y la tolerancia al estrés en fresas, destacando su relevancia agronómica (Maher, 2021). Además, el impacto de *Trichoderma* spp. y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el aumento del rendimiento subraya la importancia de estas estrategias biotecnológicas para

optimizar la producción en ambientes desafiantes (Huasasquiche et al., 2024, Lombardi et al., 2020).

2.2.4. Características botánicas de la fresa

La fresa es una planta herbácea perenne perteneciente a la familia Rosaceae, caracterizada por tallos rastreros conocidos como estolones, hojas trifoliadas compuestas, flores blancas hermafroditas y un sistema radicular superficial. Su fruto, técnicamente un receptáculo carnoso, contiene aquenios en su superficie, que constituyen las verdaderas semillas (Nakielska et al., 2024).

Este sistema radicular superficial facilita una interacción simbiótica con microorganismos benéficos del suelo, como *Trichoderma* spp. y hongos micorrízicos arbusculares, los cuales mejoran la absorción de nutrientes y agua, promoviendo el desarrollo vegetal, especialmente bajo condiciones de estrés (Chen et al., 2023; Nakielska et al., 2024). Además, la estructura radicular de la fresa permite la colonización por estos microorganismos, estableciendo relaciones mutualistas que optimizan la captación de recursos y refuerzan la resistencia a patógenos. Por ejemplo, *Trichoderma* spp. y hongos micorrízicos arbusculares colonizan las raíces, mejorando la nutrición y el crecimiento, lo que resulta clave en suelos pobres o áridos (Ertürk, 2022).

2.2.5. Taxonomía de la fresa

De acuerdo a lo expresado por ITIS (Integrated Taxonomic Information System) organización taxonómica de nivel mundial la fresa tiene la siguiente taxonomía:



Reino :	Plantae
Sub reino:	Viridiplantae
Infrareino :	Streptophyta
Superdivisión :	Embryophyta
División :	Tracheophyta
Subdivisión :	Spermatophytina
Clase :	Magnoliopsida
Superorden :	Rosanae
Orden :	Rosales
Familia :	Rosaceae
Género:	<i>Fragaria</i> L.
Especie :	<i>Fragaria X ananassa</i>

2.2.6. Requerimientos agroecológicos del cultivo de fresa

La fresa prospera en suelos francos bien aireados, ricos en materia orgánica, con un pH óptimo entre 5.5 y 6.5, al respecto del sustrato el cultivo de la fresa requiere suelos arenosos o franco arenosos, con alto contenido de materia orgánica y buena capacidad de aireación y drenaje, con un pH de entre 6 a 7. En cuanto a la salinidad la fresa es susceptible a altos niveles de salinidad, la conductividad eléctrica del suelo no debe superar los 1 mmhos/cm, también es sensible a la caliza a valores mayores a 5% provocando un bloqueo del hierro.

Las temperaturas ideales oscilan entre 15 y 25 °C, siendo vulnerable a heladas y calor extremo, y requiere un riego constante, especialmente durante la floración y fructificación, para un desarrollo adecuado (Martínez de la Cruz et al., 2022). En zonas áridas, donde la escasez de agua y la salinidad limitan la



producción, la inoculación con *Trichoderma* spp. y micorrizas ha demostrado ser una estrategia efectiva para mitigar el estrés hídrico y salino. Estos microorganismos incrementan la eficiencia en la captación de agua y nutrientes, estabilizando procesos fisiológicos esenciales como la regulación osmótica y la actividad antioxidante (Cetinel et al., 2021); Asimismo, los hongos micorrízicos arbusculares extienden su micelio en el suelo, mejorando la absorción de recursos y la tolerancia a condiciones adversas, lo que resulta fundamental para el éxito del cultivo en ambientes con suelos alcalinos y baja fertilidad (Ertürk, 2022).

2.2.7. Variedad San Andreas

La variedad ‘San Andreas’, de día neutro, fue desarrollada por la Universidad de California y se distingue por su adaptabilidad a diversos climas, vigor y resistencia a enfermedades foliares y radiculares. Sus frutos, de forma cónica y gran tamaño, destacan por su firmeza y elevado contenido de sólidos solubles, lo que los hace ideales para la exportación (Martínez de la Cruz et al., 2022). Esta variedad exhibe una notable capacidad para interactuar con microorganismos benéficos como *Trichoderma* spp. y micorrizas, que potencian su crecimiento y resistencia al estrés abiótico, especialmente en zonas áridas (Huasasquiche et al., 2024).

2.2.8. Ventajas y limitaciones agronómicas de fresa San Andreas

San Andreas, se caracteriza por su alta productividad, excelente calidad poscosecha y resistencia a patógenos como *Verticillium dahliae*. Sin embargo, su sensibilidad a temperaturas altas durante la floración puede reducir su rendimiento en climas cálidos (Martínez de la Cruz et al., 2022). La aplicación de bioinsumos, como *Trichoderma* spp., mitiga el daño oxidativo en condiciones de estrés salino,

disminuyendo la acumulación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y mejorando la calidad del fruto, con incrementos en antioxidantes como antocianinas (Cetinel et al., 2021; Huasasquiche et al., 2024). Además, las PGPR han mostrado efectos positivos en la tolerancia al estrés, fortaleciendo su desempeño agronómico (Maher, 2021).

2.2.9. Adaptabilidad a zonas áridas de la fresa San Andreas

En zonas áridas, San Andreas destaca cuando se emplean biopreparados y bioestimulantes basados en *Trichoderma* spp. y micorrizas. Estos microorganismos mejoran la arquitectura radicular, incrementan la absorción de agua y nutrientes, y refuerzan los sistemas antioxidantes, resultando en aumentos significativos en el número y peso de los frutos (Nakielska et al., 2024; Chen et al., 2023; Huasasquiche et al., 2024). La combinación con enmiendas orgánicas, como vermicompost, potencia aún más la fertilidad del suelo y el crecimiento en estas condiciones adversas (Paymaneh et al., 2023).

2.2.10. Factores limitantes para la producción de fresa

Las zonas áridas: imponen severas restricciones a la producción agrícola debido a sus condiciones ambientales extremas, caracterizadas por el estrés hídrico, la infertilidad del suelo, la salinidad elevada y las temperaturas extremas. Estos factores no solo limitan la disponibilidad de recursos esenciales como agua y nutrientes, sino que también desencadenan respuestas fisiológicas negativas en las plantas, incluyendo daño oxidativo, desequilibrios nutricionales y reducción en la eficiencia fotosintética. En cultivos sensibles como la fresa (*Fragaria × ananassa*), estas condiciones afectan directamente el crecimiento vegetativo, la calidad del fruto y su viabilidad comercial, lo que subraya la necesidad de



implementar estrategias biotecnológicas y de manejo avanzadas para contrarrestar tales efectos (Cetinel et al., 2021; Nakielska et al., 2024). Además, la alta radiación solar y la baja humedad relativa agravan estos desafíos, incrementando la evapotranspiración y reduciendo la capacidad de las plantas para mantener su homeostasis.

Efectos específicos del estrés hídrico en la fresa: La escasez de agua compromete la turgencia celular, un proceso crítico para la integridad estructural de las células vegetales, lo que resulta en marchitez y menor desarrollo foliar. La fotosíntesis se ve limitada por el cierre estomático, una respuesta de la planta para conservar agua, que reduce la captación de CO_2 y, por ende, la síntesis de carbohidratos necesarios para el crecimiento y la fructificación. El transporte de nutrientes también se afecta, ya que el agua actúa como vehículo para movilizar minerales desde las raíces hacia las hojas y frutos. En la fresa, esto se traduce en frutos más pequeños, menor peso fresco y una disminución en el rendimiento por planta, lo que impacta directamente su valor comercial (Chen et al., 2023); Estudios han demostrado que períodos prolongados de estrés hídrico pueden reducir hasta un 40% la producción en variedades como ‘Camarosa’ en condiciones áridas.

Impacto de la salinidad en la fisiología de la planta: La acumulación de sales en el suelo, típica de regiones áridas debido a la baja precipitación y alta evaporación, crea un gradiente osmótico que dificulta la absorción de agua por las raíces, incluso cuando el suelo contiene cierta humedad. Esto genera toxicidad iónica por exceso de sodio (Na^+) y cloruro (Cl^-), que interfieren con la absorción de nutrientes esenciales como potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}). Además, la salinidad induce la producción de especies reactivas de oxígeno



(ROS), que dañan membranas celulares, lípidos y proteínas, afectando la estabilidad celular y el metabolismo. En la fresa, la salinidad reduce el crecimiento radicular, disminuye el número de estolones y provoca frutos con menor contenido de azúcares y mayor acidez, lo que afecta su sabor y aceptación en el mercado (Cetinel et al., 2021; Ertürk, 2022).

Consecuencias de las temperaturas extremas: Las altas temperaturas, frecuentes en zonas áridas, generan estrés térmico que afecta procesos reproductivos clave en la fresa, como la floración y la polinización. Temperaturas superiores a 35°C pueden reducir la viabilidad del polen y alterar la formación del fruto, resultando en frutos deformes o abortados. Por otro lado, las bajas temperaturas nocturnas, aunque menos comunes, pueden inducir daño por frío en tejidos jóvenes, ralentizando el metabolismo y afectando la acumulación de azúcares en el fruto. La alta radiación solar, combinada con temperaturas elevadas, incrementa la evapotranspiración, lo que agrava el estrés hídrico y reduce la eficiencia del uso del agua por la planta (Borkowska, 2002 citado por (Martínez de la Cruz et al., 2022)). Por ejemplo, en regiones como el norte de México, las temperaturas diurnas extremas han sido asociadas con una menor diferenciación floral en variedades como ‘Albion’, disminuyendo la producción estacional (Chen et al., 2023).

2.2.11. Estrategias de manejo sostenible del cultivo de fresa en zonas áridas

El manejo sostenible de cultivos en zonas áridas requiere enfoques innovadores que optimicen los recursos escasos y fortalezcan la resiliencia de las plantas frente al estrés abiótico. Estrategias como el uso de biopreparaciones microbianas, biofertilizantes, micorrizas, sistemas de riego eficientes y enmiendas



orgánicas han demostrado ser efectivas para mejorar la estructura del suelo, aumentar la disponibilidad de agua y nutrientes, y reducir los impactos negativos de las condiciones áridas (Martínez de la Cruz et al., 2022). En el caso de la fresa, estas prácticas son fundamentales para incrementar la tolerancia a la sequía y la salinidad, mejorar la calidad del fruto y garantizar la viabilidad del cultivo en entornos hostiles (Huasasquiche et al., 2024; Ertürk, 2022).

Biopreparaciones microbianas: Microorganismos como *Trichoderma* spp. y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) desempeñan un papel clave como bioestimulantes. *Trichoderma* coloniza la rizosfera y produce enzimas como celulasas y quitinasas, que descomponen materia orgánica y facilitan la disponibilidad de nutrientes, al tiempo que induce resistencia sistémica mediante la activación de genes relacionados con la defensa (Cetinel et al., 2021). Las PGPR, como *Pseudomonas* y *Bacillus*, sintetizan fitohormonas (auxinas, citoquininas y giberelinas) que estimulan el crecimiento radicular y la formación de biomasa, además de solubilizar fosfatos y fijar nitrógeno atmosférico, mejorando la nutrición en suelos pobres (Maher, 2021). En la fresa, la aplicación de estas biopreparaciones ha incrementado la longitud de las raíces hasta en un 20% bajo condiciones de sequía (Ertürk, 2022)

Biofertilizantes: Los biofertilizantes, formulados con microorganismos como *Azospirillum*, *Rhizobium* o *Phanerochaete*, reducen la dependencia de fertilizantes químicos al mejorar la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo. En suelos áridos, donde la materia orgánica es escasa, estos insumos aumentan la eficiencia del uso de nutrientes y promueven un sistema de producción más sostenible. En ensayos con fresa, el uso de biofertilizantes ha incrementado el contenido de nitrógeno foliar en un 15% y el rendimiento de



frutos en un 10-12%, además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a fertilizantes sintéticos (Martínez de la Cruz et al., 2022; Ertürk, 2022). Su aplicación también favorece la biodiversidad microbiana del suelo, un factor clave para la salud a largo plazo del agroecosistema.

Micorrizas: Los hongos micorrízicos arbusculares establecen una simbiosis con las raíces de la fresa, extendiendo el sistema radicular mediante su micelio extraradical. Esto permite a la planta explorar mayores volúmenes de suelo, accediendo a agua y nutrientes (especialmente fósforo) que de otro modo serían inaccesibles en suelos áridos. Los hongos micorrízicos arbusculares también mejoran la agregación del suelo, aumentando su porosidad y capacidad de retención hídrica, lo que reduce la dependencia de riego frecuente. Además, estos hongos modulan la respuesta de la planta al estrés al promover la acumulación de osmólitos como prolina y azúcares solubles, que estabilizan las membranas celulares bajo condiciones de sequía o salinidad (Nakielska et al., 2024). En la fresa, la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares ha incrementado la tolerancia al estrés hídrico en un 30% y el peso del fruto en un 15%.

Sistemas de riego eficientes: Técnicas como el riego por goteo y la fertirrigación optimizan el uso del agua, un recurso crítico en zonas áridas. El riego por goteo suministra agua directamente a la zona radicular, reduciendo la evaporación y el desperdicio, mientras que la fertirrigación combina el riego con la aplicación de nutrientes solubles, mejorando su absorción y minimizando la lixiviación. En cultivos de fresa en regiones áridas como el Valle de Mexicali, el riego por goteo ha incrementado la eficiencia del uso del agua en un 40% y el rendimiento por hectárea en un 25%, en comparación con sistemas tradicionales



(Martínez de la Cruz et al., 2022). Además, estas técnicas permiten ajustar la frecuencia y volumen de riego según las necesidades específicas de la planta en cada etapa fenológica, optimizando el desarrollo del fruto.

Enmiendas orgánicas: En la fresa, la combinación de estas enmiendas con *Trichoderma* spp. ha aumentado el número de frutos por planta en un 18% y la calidad organoléptica, incluyendo mayor dulzura y firmeza (Huasasquiche et al., 2024). Además, el biocarbón reduce la salinidad superficial al mejorar la infiltración del agua, aliviando el estrés osmótico en suelos áridos.

La aplicación de estos microorganismos mejora el rendimiento y la calidad del fruto. Por ejemplo, *Bacillus amyloliquefaciens* incrementa el contenido de azúcares solubles en un 12%, mientras que *Pseudomonas* reduce la marchitez por *Verticillium* en un 25-30% en sistemas orgánicos (Maher, 2021; (Ertürk, 2022) su eficacia depende de la colonización efectiva, influenciada por el pH, la materia orgánica y la competencia microbiana. En suelos áridos, combinar PGPR con compost ha aumentado la densidad radicular de la fresa en un 18% y el rendimiento en un 22%.

2.2.12. *Trichoderma* spp.

Trichoderma spp. Es un hongo anaeróbico que se encuentra en forma natural en el suelo en poblaciones representativas. El hongo se encuentra muy distribuido en el mundo y se presenta naturalmente en diferentes hábitats, especialmente los que contienen una buena cantidad de materia orgánica o desechos vegetales en descomposición. Su desarrollo se ve favorecido por la presencia de altas densidades de raíces, las cuales son colonizadas rápidamente por estos microorganismos. Uno de los mecanismos interesantes de *Trichoderma*

es tomar los nutrientes de los hongos (a los cuales degrada) ejerciendo una función antagónica y de materiales orgánicos ayudando a su descomposición, por lo cual las incorporaciones de materia orgánica y compostaje lo favorecen; también requiere de humedad para poder germinar, la velocidad de crecimiento de este microorganismo es bastante alta, por esto es capaz de establecerse en el suelo y controlar enfermedades, favoreciendo el proceso productivo de un cultivo (FIA, 2004).

2.2.13. Características del *Trichoderma*

El género *Trichoderma* spp. es uno de los numerosos agentes de control biológico, por su comportamiento antagónico, su comportamiento de hiperparásito frente a los demás agentes patógenos. Las especies de este género son hongos de vida libre; es un colonizador secundario, se le puede aislar de materia orgánica descompuesta o de las raíces de las plantas; sus mecanismos de acción comprenden el micoparasitismo, la competencia, la antibiosis y la inducción de resistencia en las plantas (FIA, 2004).

- a) **Micoparasitismo:** es el mecanismo involucrado en el antagonismo como agente biocontrolador, desarrollándose alrededor del patógeno o formando apresorios en la superficie del hospedero que le permitirán ingresar al interior del patógeno y degradar su pared celular. (FIA, 2004)
- b) **Competencia:** el *Trichoderma* es altamente competitivo por sustrato y nutrientes, reduciendo la proliferación del patógeno reduciendo la cantidad disponible de nutrientes como carbono, nitrógeno y espacio físico; la competencia que se produce en la rizosfera cuando se aplica *Trichoderma*



a las semillas producen un rápido crecimiento sobre todo en el desarrollo radicular de la planta. (FIA, 2004).

- c) **Antibiosis:** el *Trichoderma* segrega sustancias antibióticas que inhiben la actividad parasítica de los patógenos, siendo el trichodermín la microtoxina más representativa que actúa inhibiendo la actividad ribosómica del patógeno y por consiguiente su reproducción. (FIA, 2004).
- d) **Inducción de resistencia en las plantas:** el *Trichoderma* induce resistencia en las plantas tratadas presentando una respuesta defensiva en las raíces y las hojas de las plantas produciendo una elevada actividad enzimática asociada con las fungitoxinas, incrementando la actividad quitinasa y la deposición de celulosa en la pared celular. (FIA, 2004).

2.2.14. Clasificación taxonómica del *Trichoderma harzianum*

La clasificación taxonómica del hongo *Trichoderma harzianum* es la siguiente:

Súper Reino:	Eucariota
Reino:	Fungi
División:	Ascomycota
Subdivisión:	Pezizomycotina
Clase:	Sordariomycetes
Orden:	Hypocreales
Familia:	Hypocreaceae
Género:	<i>Trichoderma</i>
Especie:	<i>harzianum</i>



Trichoderma es un género de hongos filamentosos clasificado dentro del orden Hypocreales y la familia Hypocreaceae. Se distingue por su rápido crecimiento y su capacidad para adaptarse a diversos entornos, como suelos agrícolas y residuos orgánicos (Harman, 2000). Morfológicamente, presenta micelio aéreo de color blanco a verde pálido, con conidióforos ramificados que producen conidios verdes, responsables de su tonalidad característica en cultivos puros. Sus hifas son septadas y, en algunas especies, se forman clamidosporas que favorecen su supervivencia en condiciones adversas como sequía o salinidad (Samuels, 2006). Esta versatilidad lo hace valioso en la biotecnología agrícola, particularmente en regiones áridas.

Entre las especies más destacadas en agricultura están *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *T. asperellum* y *T. citrinovirida*. Por ejemplo, *T. harzianum* es efectivo contra patógenos del suelo como *Fusarium* y *Rhizoctonia* (Harman, 2000), mientras que *T. viride* muestra tolerancia a la sequía, siendo útil en climas áridos (Zhang, 2019). En el cultivo de la fresa, *Trichoderma* estimula el crecimiento radicular, mejora la absorción de nutrientes y protege contra enfermedades como la marchitez por *Verticillium* (Marra et al., 2020). En sistemas orgánicos, su uso ha incrementado la productividad de la fresa entre un 15% y un 20%, reduciendo la necesidad de fungicidas químicos (López-Bucio et al., 2015).

2.2.15. Micorrizas

Las micorrizas son la asociación entre hongos micobiontes y las raíces de las plantas fitobiontes; este término fue acuñado por Frank en 1877. Trappe (1914) las define como órganos de absorción doble formados cuando los hongos simbiontes viven dentro de las raíces o rizomas de las plantas; en esta simbiosis



las plantas proporcionan al hongo carbohidratos producto de la fotosíntesis y un hábitat para el hongo, mientras que este le permite a la planta una mayor capacidad para abastecerse de nutrimentos y agua de baja disponibilidad (fósforo), en esta asociación ambos organismos salen beneficiados. (Saparrat et al., 2020).

2.2.16. Tipos de micorrizas

Podemos clasificar las micorrizas en dos grandes grupos:

- a) **Ectomicorrizas:** Este tipo de micorrizas tiene como principal virtud no penetrar en las células de la raíz de la planta hospedera, formando dos tipos de estructuras; la primera es el manto hifal que recubre la superficie de la raíz de la planta hospedera y la segunda es la red de Hartig que recubren los intersticios celulares de la raíz, pero sin penetrar las células. Las subdivisiones de hongos que forman esta asociación son las Ascomycotas y las Basidiomycotas, siendo sus hospedadores los árboles y arbustos, razón por la cual su interés forestal.

- b) **Endomicorrizas:** Son el tipo de micorriza más común en los ecosistemas, clasificadas en seis subgrupos. Entre ellas, las ectoendomicorrizas y las endomicorrizas arbusculares forman arbusculos intracelulares para el intercambio de nutrientes; estas últimas, pertenecientes al orden *Glomeromycota*, son ampliamente utilizadas en agricultura. Las monotropoides y orquidoides, asociadas a *Basidiomycetes*, presentan estructuras especializadas sin invadir la membrana plasmática, siendo exclusivas de ciertas plantas como orquídeas. Las ericoides, conformadas por *Ascomycetes*, colonizan especies del orden *Ericales*. Finalmente, las arbustoides, también basidiomicorrizas, generan arbusculos y un manto

hifal. Cada tipo presenta adaptaciones específicas que determinan su afinidad con diferentes grupos de plantas.

2.2.17. Rendimiento agronómico (número y peso de frutos)

La inoculación con *Trichoderma* spp. y hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de fresa ha demostrado ser una estrategia altamente eficaz para mejorar el rendimiento agronómico en diversas condiciones edafoclimáticas. Diversos estudios reportan incrementos del 40–60 % en el rendimiento total, en comparación con cultivos no tratados, atribuibles a una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y agua, un sistema radicular más robusto y una mejor condición fisiológica general de la planta. La interacción sinérgica entre estos microorganismos promueve una floración más uniforme y prolongada, lo que resulta en un mayor número de frutos por planta y un calibre superior. En zonas áridas, donde el estrés hídrico representa una limitante crítica para la productividad, su aplicación permite mitigar los efectos adversos mediante la optimización del metabolismo vegetal (Nakielska et al., 2024; Huasasquiche et al., 2024; Lombardi et al., 2020). Asimismo, investigaciones recientes indican que estos beneficios se mantienen estables a lo largo de varios ciclos productivos, consolidando su relevancia en esquemas de producción agrícola sostenibles.

2.2.18. Parámetros de crecimiento (altura, biomasa y área foliar)

El crecimiento vegetal está directamente relacionado con la disponibilidad de nutrientes y la eficiencia del metabolismo fotosintético. La aplicación de hongos micorrízicos arbusculares y *Trichoderma* estimula significativamente estos aspectos. Las plantas tratadas presentan un mayor número de hojas, tallos más vigorosos, y una distribución más eficiente de la biomasa entre la parte aérea



y subterránea. El área foliar aumenta debido a la mayor expansión de las hojas, lo que incrementa la captación de luz y mejora la actividad fotosintética. La biomasa aérea refleja el desarrollo vegetativo, mientras que la radicular, que también aumenta, evidencia una mayor exploración del suelo y un mejor anclaje de la planta. Estos factores combinados favorecen un desarrollo más robusto y una mayor capacidad para soportar condiciones ambientales adversas (Martínez de la Cruz et al., 2022; Ertürk, 2022). En algunos ensayos, también se ha observado un alargamiento de los entrenudos y un mayor número de estolones, facilitando la propagación clonal en el caso de las fresas.

2.2.19. Calidad de frutos (contenido de azúcares, firmeza y color)

La calidad de los frutos es un parámetro esencial en la comercialización de la fresa, tanto para consumo fresco como para la agroindustria. La aplicación conjunta de hongos micorrízicos arbusculares y *Trichoderma* mejora de forma significativa el contenido de sólidos solubles totales (azúcares), lo que influye directamente en el sabor y aceptación del consumidor. La firmeza del fruto también se incrementa, lo cual es crucial para prolongar la vida útil durante el transporte y almacenamiento. Además, se observa una intensificación del color, atribuida al aumento de antocianinas, flavonoides y otros pigmentos naturales, lo que incrementa su valor visual y antioxidante. En condiciones de estrés salino, donde se comprometen usualmente estos parámetros, la coinoculación ha demostrado mantener la calidad de los frutos mediante mecanismos antioxidantes y ajustes fisiológicos que conservan la integridad celular y metabólica (Martínez de la Cruz et al., 2022; Ertürk, 2022). Asimismo, se han registrado mejoras en la textura y contenido de ácido ascórbico (vitamina C), con beneficios directos para la salud humana y la competitividad del producto en mercados exigentes.



2.2.20. Sinergia entre *Trichoderma* spp. y hongos micorrízicos arbusculares

La sinergia entre *Trichoderma* spp. y hongos micorrízicos arbusculares ha sido objeto de numerosos estudios recientes, debido a su potencial como estrategia integral para mejorar la sostenibilidad de los agroecosistemas. Los resultados muestran incrementos consistentes del 30–40 % en biomasa aérea y radicular, mejoras en la salud del suelo mediante mayor actividad microbiana y contenido de carbono orgánico, y un aumento en la calidad del fruto. Esta combinación también ha demostrado fortalecer el sistema inmunológico de las plantas, reduciendo la incidencia de enfermedades y mejorando la eficiencia fisiológica. Las plantas coinoculadas presentan un equilibrio hormonal más favorable, con niveles elevados de auxinas y citoquininas que favorecen tanto el crecimiento como la formación de frutos. En ensayos comparativos, el uso simultáneo de ambos microorganismos ha superado en eficacia a tratamientos individuales, evidenciando un efecto aditivo o incluso multiplicativo. Además, esta estrategia contribuye a la reducción del uso de fertilizantes y pesticidas, favoreciendo sistemas agrícolas más ecológicos y resilientes al cambio climático (Nakielska et al., 2024; Yang et al., 2022; Huasasquiche et al., 2024; Ertürk, 2022; Ertürk, 2022).

CAPÍTULO III

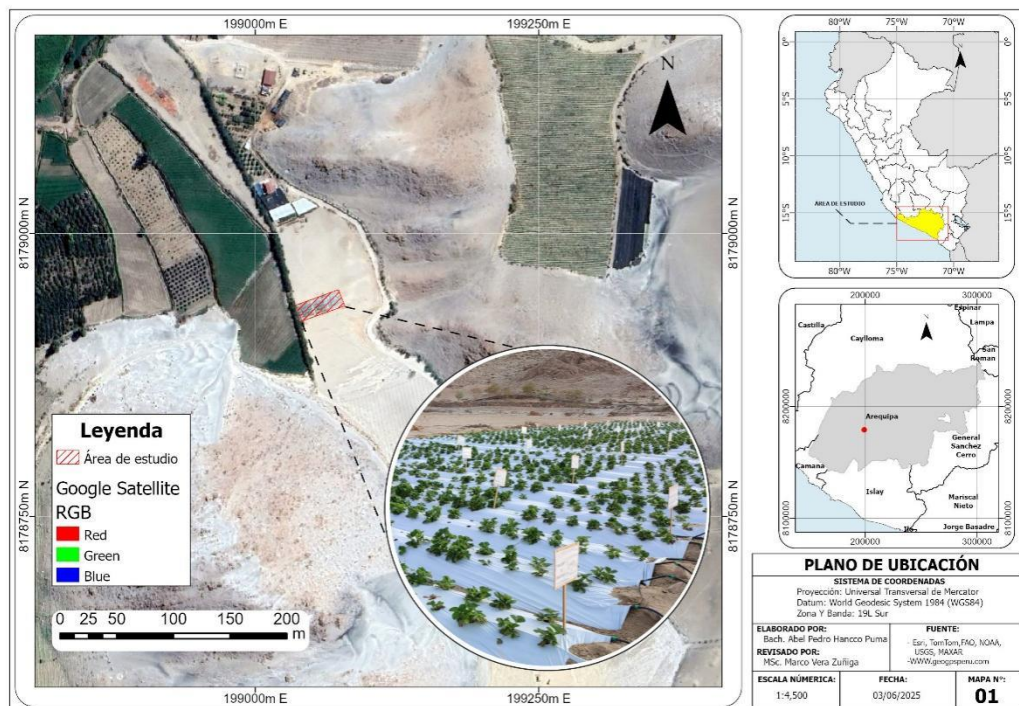
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La investigación de influencia de *Trichoderma* spp. y Micorrizas, en el rendimiento de fruto de fresa cv. “San Andreas” en condiciones de la irrigación La Joya, se realizó durante el período de noviembre 2022 a junio 2023 en el fundo “La Escondida EIRL” situada en la lateral 5 lote 9 propiedad del Ingeniero Néstor Wilfredo Bueno Dávila, ubicado en el distrito de La Joya, de la región y provincia de Arequipa, a una altitud de 1,617 m.s.n.m., con coordenadas 16°27′08.3” Sur y 71°49′05.6” Oeste; (Figura 1) utilizando el sistema de riego por goteo (semi automático) en campo abierto, cuya característica climática principal es la escasez de lluvias con un suelo árido y templado .

Figura 1

Mapa de ubicación de la investigación, La Joya - Arequipa 2023.



3.2. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

En la Tabla 2 y Figura 2 se indican los registros meteorológicos correspondientes al periodo noviembre 2022 a junio 2023, el mes de febrero se registró la mayor temperatura promedio de 21.40 °C, del mismo modo la mayor humedad registrada fue en el mes de febrero con un promedio de 77.38% de humedad relativa y la máxima precipitación promedio de 0.05 mm. Las temperaturas estuvieron en el rango de temperatura óptima para el cultivo.

Tabla 2

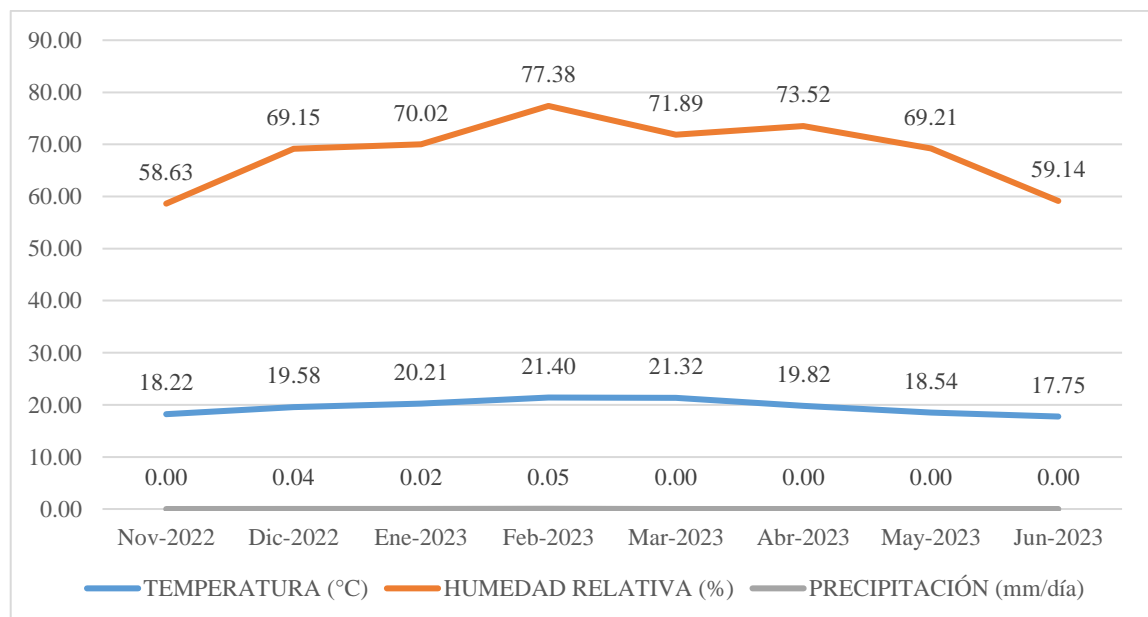
Registro del clima para el periodo de cultivo nov-2022 a jun-2023

	Nov-2022	Dic-2022	Ene-2023	Feb-2023	Mar-2023	Abr-2023	May-2023	Jun-2023
Temperatura (°C)	18.22	19.58	20.21	21.40	21.32	19.82	18.54	17.75
Humedad relativa (%)	58.63	69.15	70.02	77.38	71.89	73.52	69.21	59.14
Precipitación (mm/día)	0.00	0.04	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Estación meteorológica La Joya (Distrito Vitor – Arequipa) SENAMHI.

Figura 2

Variación de temperatura, humedad y precipitación en el período Nov-2022 a Jun-2023.





3.3. TIPO DE ESTUDIO

El estudio realizado se enfoca dentro del tipo cuantitativo, porque se centra en la medición y análisis de datos numéricos, utilizando técnicas estadísticas para identificar patrones y relaciones, estudiando variables referidas al desempeño y la producción del cultivo de fresa. Se clasifica como investigación de tipo experimental, puesto que se ensayaron 2 biofertilizantes con diferentes dosis en una plantación de fresas cv. “San Andreas”. Según su alcance es de tipo correlacional pues busca encontrar relaciones entre dos o más variables, en este caso las dosis aplicadas y su efecto en la producción, siguiendo un diseño bloque completo al azar.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Para la presente investigación se eligió como población las plantas de fresa del cultivar “San Andreas”, las cuales son cultivadas en la región de Arequipa específicamente en la zona del distrito de La Joya en condiciones áridas.

La muestra ha sido elegida a criterio del investigador, también conocido como muestreo incidental o por oportunidad, se justifica cuando la accesibilidad y la viabilidad son las consideraciones primordiales en un estudio y está constituida por 2016 plantas organizadas en 48 unidades experimentales de 42 plantas cada una; Los plantines de Fresa cv. San Andreas se obtuvieron del vivero “Los Frutales” (HUARAL-LIMA) empresa dedicada a vender plantines de fresa, se adquirió 2,500 plantines listos para el trasplante al campo definitivo.

Los posibles sesgos se abordan realizando un muestreo aleatorio simple para minimizar el riesgo de sesgo, diversificando la muestra para que sea representativa de la población, sin embargo, se ha elegido 10 muestras por cada unidad experimental para la



toma de datos por el método de zigzag, de tal manera que cada unidad experimental este proporcionalmente representada, haciendo un total de 480 muestras analizadas.

3.5. METODOLOGÍA

3.5.1. Manejo agronómico del cultivo

a) Preparación del terreno

Para la realización del experimento, se preparó un área destinada para la siembra para el cultivo de fresa de 414 m² (11.5 * 36), donde se realizó las actividades de labranza hasta obtener un suelo muy suelto, listo para la siembra, donde se distribuyeron 48 parcelas o unidades experimentales, de 2.5 m de largo por 3 m de ancho, divididos en cuatro bloques con cuatro niveles y tres repeticiones.

Se inició con el arado del terreno para facilitar la remoción del suelo y reducir la supervivencia de huevecillos y larvas de insectos. A continuación, se llevó a cabo el mullido del suelo, y posteriormente se procedió con la distribución de materia orgánica (mulch) en cada camellón.

Para la obtención de materia orgánica preparada se utilizó estiércol de ovino y equino. El proceso de preparación se inició con el lavado del estiércol de corral durante seis horas, con el fin de reducir su acidez. Posteriormente, se realizó la distribución del material, aplicando 30 kg por fila, lo que equivale a un promedio de 400 gramos de estiércol preparado por planta.

b) Levantamiento de camellones

Para la construcción de las camas se dejó un espacio de 0.50 m alrededor de cada una. Las camas midieron 9 m de largo por 1 m de ancho en la base y 0.20 m de altura (Figura 3). Para alcanzar la altura deseada y permitir la formación de calles entre camas, se realizó movimiento de tierras. El ancho de las calles entre camas fue de 0.50 m.

Figura 3

Camellones y pasillos del campo experimental



c) Instalación del riego por goteo

Se instaló un sistema de riego por goteo con dos hileras por camellón, diseñado para abastecer eficientemente los tres surcos. La instalación incluyó mangueras y accesorios específicos. El sistema se abastece desde una toma de agua del estanque principal mediante una bomba centrífuga conectada a un tablero eléctrico. La distribución del agua en el cultivo se realiza a través de cintas de goteo con goteros espaciados cada 40 cm y separación entre hileras de 50 cm. Además, el sistema incorpora válvulas de aire y válvulas de compuerta para un control eficiente.



d) Materiales para instalación de riego

- Tubería 160 mm. PVC: Características principales diámetro nominal 6” pulgadas, longitud 5 metros, diámetro exterior 160mm con una resistencia máxima de 6 bares.
- Tubería 140 mm PVC: Diámetro nominal de 4 pulgadas longitud de 5 metros con una resistencia máxima de 4 bares. Tiene una garantía de 15 a 20 años, la durabilidad se define de acuerdo al ambiente, y espacio que se encuentra. Esta tubería se utilizó después de la tubería principal para conectar con válvula de diafragma, para luego distribuir las en campo agrícola haciendo orificios a cada 50 cm para unir con conector de derivación de púas DN12.
- Manguera de goteo: Características técnicas de la manguera de 16 mm: tiene un grosor de la pared de 1.2 mm, diámetro interior 15.5 mm, litros/hora 2.2, color negro y una resistencia máxima de dos bares.
- Cinta de riego: Las principales características de la Cinta netafim de 16 mm Clase 16 mil, descarga 1.6 lph a 40 cm entre goteros, presión de trabajo de 0.5 a 1.2 bar, presión trabajada de 0.6 bar.
- Válvula compuerta mariposa Gaer: Las principales características de la válvula de mariposa Gaer son:
 - Presión de trabajo: PN6 / PN10 / PN16.
 - Dimensiones: DN50 a DN300 en PN6- DN50 a DN600 en PN10 y PN16. (Considerar solo el tipo utilizado)
 - Temperatura de trabajo: de -10 °C a 120 °C para EPDM -10 °C a 85 °C para NBR.



- Conexión: Wafer.
 - Recubrimiento: Resina Epoxi 250 micras RAL5010.
 - Asiento: Reemplazable con 3 puntos de sujeción y conexión.
 - Disco-Eje: Mecanizado interno (sin pins).
- Bomba Pedrollo F50/200C 15,0 HP 380V centrifuga: Las principales características de esta bomba son caudal máximo 1700 L/min y caudal mínimo de 300 L/min, presión 30,0 MTS hasta 45.0 MTS, conexión 65 mm x 50 mm, su funcionamiento es indefinidamente durante 15 a 20 años.
- Tablero eléctrico: Este tablero eléctrico su función principal es de regular la velocidad de riego y encender el equipo automáticamente, viene acompañado de un temporizador programable para tal fin.
- Características principales Conexión BSP, caudal máximo 50 m³/h, grado de filtración 120 mesh, 130 micras, superficie filtrada 1.087 cm², presión máxima 10 bar, temperatura máxima 60°C, dimensiones 727x336x147 mm, peso 9.2 kg.
- Reducción de tubería de 160 mm a 140 mm: Características principales marca DP, presión 10 kg, Material PVC, Tipo de unión, Macho Hembra Junta, Diámetro 160 mm x 140 mm.
- COLLARÍN, D-160mm, S-3" POLIPROPILENO, PN4: Características principales tiene una tolerancia de 0.5 mm para tuberías de fuerte tamaño, están diseñados de goma y proporcionan una alta hermeticidad.
- TEE PVC PRESION 160 mm CC IMP PN10: Material PVC su principal función es formar nueva vía de tuberías de la tubería principal para luego unir con una reducción de 140 mm e instalar la válvula hidráulica diafragma.



- Codo 90° encolar 140 mm: Material de PVC sirve para unir y formar las válvulas hidráulicas diafragma tiene una garantía de 20 a 25 años.
- Válvulas hidráulicas diafragma R-20: La serie R-20 es una línea de válvulas de control hidráulicas de materiales compuestos, accionadas por diafragma, sus características principales son una excelente capacidad de regulación de una amplia gama de caudales desde goteo (500 L/) flujo máximo, operativas desde baja presión hasta 10 bares.
- Conector de derivación de púas DN12: Descripción material: plástico, material del anillo de sellado: caucho, color: Negro, tamaño: Aproximadamente 9.5 mm, método de instalación: haga un agujero de 9.5 mm en la pared de un tubo rígido de PVC o PE e inserte la almohadilla de goma en el agujero, luego inserte el bypass en el agujero. El otro lado conecta a la tubería de PE DN12.
- Conector cinta manguera roscado: Características principales es de 16 mm diámetro resistencia de 0.5 bar a 2 bar. Garantía 10 a 15 años. Material de polietileno.
- Válvula De Aire Doble Efecto Azud – 2 He: Ventosa de funcionamiento cinético, evacuará al menos 1000 m³/h de aire sin que ello provoque el cierre de la válvula en ausencia de agua, volumen de aire extraído de al menos 365 m³/h a 2.8 m.c.a, estanca a partir de 0.2 Kg/cm², presión de funcionamiento hasta 16 kg²/cm, cuerpo y base construidos en poliamida reforzada con fibra de vidrio. Tratamiento protector contra rayos ultravioleta, rosca base 2” M BSP o NPT, salida con codo roscado.

e) Acolchado

Una vez realizado el levantamiento de camellones y la instalación del riego por goteo, se procedió con el acolchado, para lo cual se utilizó plástico negro calibre 1,000, una vez cubiertos los camellones, se procedió a perforar el plástico cada 30 cm en distribución “tres bolillo” en dos hileras por surco (Figura 4), en donde el plástico bicolor va el negro por dentro con el fin de mantener la humedad y combatir la competencia de malezas y el color blanco por fuera para dar mayor iluminación a la planta y evitar el deterioro y contaminación de los frutos al tener contacto con el suelo.

Figura 4

Distribución de hoyos a 30 cm de distancia.



f) Trasplante

El trasplante se realizó manualmente, los materiales que se utilizaron fueron coronas (parte engrosada de la planta que se encuentra entre las raíces y las hojas, del cual emergen tanto las hojas como las raíces) que presentaron mejor desarrollo, éstas fueron trasplantadas del vivero a suelo definitivo a una

profundidad entre 3 y 5 cm, para esta actividad se prepararon los hoyos respectivos con la ayuda de una estaca, se plantaron los plantines (Figura 5) y finalmente se cubrió con tierra para que la plántula quede firme, utilizando 42 plántulas por unidad experimental siendo un total de 2,016 plántulas.

Figura 5

Plantines de Fresa cv. San Andreas listas para el trasplante en parcelas experimentales



g) Riegos

El riego se inició dos semanas antes de trasplante para llegar a capacidad de campo al momento del trasplante. A partir del trasplante los riegos se dieron los cinco días de la semana con un tiempo de 90 minutos durante un mes, luego de un mes se redujo a una hora cada dos días durante seis meses.

Cálculo de riego

Datos área experimental: 414 m²

Número de plantas: 2,016

Distanciamiento de goteros: 40 cm



Velocidad de trabajo: 0.6 bares 1.6 litros/hora

Dato general 6000 m³ de agua para 1 ha de fresa/campaña

36 surcos de 2 hileras

11.5 m largo

$11.5 \text{ m} / 0.40 \text{ m} = 28$

$28 * 2 = 56$ goteros en una fila

$56 * 36 = 2,016$ goteros total

$2016 * 1.6 \text{ litros/hora} = 3,225.6 \text{ litros/día}$

$3225.6 \text{ litros} * 182 \text{ días} = 587,059.2 \text{ litros}$

587 m³ utilizado para 360 m²

El riego fue de lunes a sábado con un tiempo de 1 hora a una velocidad de 1.6 litros por hora, trabajado a 0.6 bares de presión en cinta que equivale el mínimo porcentaje de bares, total en un mes fue 26 días y por 7 meses 182 días.

h) Bioestimulantes

Se realizó la aplicación de dos biofertilizantes que a continuación se describe:

Micoss (Complejo de Micorrizas): Micoss es un producto sólido (polvo no soluble) a base de un consorcio de endomicorrizas y ectomicorrizas formulado con biocarbono. Micoss es empleado como fertilizante biológico con alta capacidad de adaptación a diferentes condiciones de suelo, clima y cultivo. Sus beneficios de uso incrementan la tolerancia para enfrentar condiciones de salinidad y condiciones de sequía, aumenta la solubilidad del fósforo para la asimilación por parte de la planta y permite el óptimo desarrollo del cultivo en presencia de nematodos, su sistema de aplicación puede ser directamente aplicado

al suelo o en una mezcla con sustratos, las inoculaciones se deben de realizar de tal forma que las estructuras del hongo tengan el mayor contacto con las raíces.

Tricot (Inoculante biológico) *Trichoderma* spp. polvo soluble: Es un producto sólido (polvo soluble) a base de cepas nativas de *Trichoderma harzianum* formulado con biocarbono, con alta capacidad de adaptación a diferentes tipos de suelo, clima y cultivo, Tricot actúa por contacto, cuyas estructuras del hongo colonizan la planta, actuando por competencia para ayudar a prevenir y proteger de manera natural enfermedades causadas por microorganismos como *Fusarium* sp, *Botrytis* sp., *Cladosporium* sp., *Phytophthora* sp., *Pectobacterium* sp. Ventajas de uso crea una capa de protección en la planta como agente de biocontrol, solubiliza la fauna microbiana benéfica del suelo.

Tabla 3

Concentraciones de producto y dosis recomendada para Tricot y Micoss

Producto	Concentración	Dosis recomendada	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3	Dosis 4
Tricot	2x10 ⁹ UFC / g	500g / 200 l	0	2.5 g/l	5 g/l	7 g/l
Micoss	120 esporas /g	4-6 g / pl	0	2 g / pl	4 g/pl	6 g/pl

Los dos biofertilizantes se aplicaron según las indicaciones de la ficha técnica, para la preparación en pequeñas cantidades se calculó las dosis proporcionalmente a lo recomendado en la ficha técnica para 200 litros de agua para el caso de Tricot y para la dosis de Micoss se utilizó directamente la dosis por planta sugerida.

Tabla 4*Tratamientos combinados para Tricot y Micoss*

Tratamientos	MICOSS				
	Dosis				
	0	3 kg/ha	6 kg/ha	9 kg/ha	
TRICOT	0	T0 M0	T0 M3	T0 M6	T0 M9
	3kg/ha	T3 M0	T3 M3	T3 M6	T3 M9
	6kg/ha	T6 M0	T6 M3	T6 M6	T6 M9
	9kg/ha	T9 M0	T9 M3	T9 M6	T9 M9

Tabla 5*Dosis aplicada por unidad experimental de los productos Tricot y Micoss*

Trat	Dosis	Total aplicación
TRICOT (T)	0 kg/ha	0 g
	3 kg/ha	13.5 g
	6 kg/ha	27 g
	9 kg/ha	40.5 g
MICOSS (M)	0 kg/ha	0 g
	3 kg/ha	13.5 g
	6 kg/ha	27 g
	9 kg/ha	40.5 g

Los tratamientos con Tricot y Micoss, se aplicaron en dos oportunidades antes de la floración. La primera aplicación se realizó a los 15 días del trasplante y la segunda aplicación se realizó a los 30 días con sus tratamientos respectivos.



i) Activación de biofertilizantes

Se establecieron las siguientes dosis: T0 TESTIGO, T1 3 kg/ha TRICOT, T2 6 kg/ha. TRICOT, T3 9 kg TRICOT se dividieron en 2 aplicaciones, por unidad experimental para T0 0 dosis, T1 13.5 g de TRICOT, T2 27 g de TRICOT, T3 40.5 g de TRICOT cantidad total de las 2 aplicaciones. Para MICOSS T0 TESTIGO, T1 3 kg/ha MICOSS, T2 6 kg/ha. MICOSS, T3 9 kg MICOSS se dividieron en 2 aplicaciones, por unidad experimental para T0 0 dosis, T1 13.5 g de MICOSS, T2 27 g de MICOSS, T3 40.5 g de MICOSS cantidad total de las 2 aplicaciones.

Para activar micorriza (MICOSS), para 12 unidades experimentales se preparó la misma dosis siendo 6.75 g. de MICOSS, 333 ml de algas marinas y 250 ml de melaza en 60 litros de agua, todo esto se mezcló en tres cilindros de caucho por 24 horas, para el segundo cilindro fue 13.5 g. De MICOSS y tercer cilindro fue de 27 g. De MICOSS, la aplicación fue manualmente el 7 de diciembre del 2022 en horas de la mañana y por la tarde dándose una cantidad de 120 ml/planta.

Para activar *Trichoderma* spp. (TRICOT). Para 12 unidades experimentales Se preparó la misma dosis siendo 6.75 g. de TRICOT, 333 ml de algas marinas y 250 ml de melaza con agua de 60 litros todo esto se mezcló en tres cilindros de caucho por 24 horas, en cada uno solo vario la cantidad de gamos, para el segundo cilindro fue 13.5 g. de TRICOT y tercer cilindro fue de 20.25 g. de TRICOT (Figura 6), la aplicación fue manualmente el 14 de diciembre del 2022 en horas de la mañana y por la tarde aplicándose la cantidad de 120 ml/planta.

En la segunda etapa se aplicó la misma dosis de micorrizas y *Trichoderma*. La aplicación de micorrizas se realizó el 7 de enero de 2023, mientras que *Trichoderma* se aplicó el 14 de enero del mismo año.

Después de las 24 horas requeridas para la activación, la mezcla fue trasladada en dos baldes para su distribución en las unidades experimentales. La aplicación se realizó de forma manual, planta por planta, utilizando un envase de 120 ml.

Figura 6

Preparación y activación de Micoss y Tricot.



j) Eliminación de estolones y flores

Las primeras apariciones de estolones fueron después de 45 días de trasplante, una vez que las plantas se encontraron prendidas, se utilizó una tijera de poda y lejía para desinfectar, la frecuencia de poda fue cada dos meses y se

recolectó para trasplantar en una bolsa de polietileno en vivero, para dar vida a nuevas plantas.

k) Poda de flores y control de malezas

La eliminación de flores inicia después de un mes de trasplante, este procedimiento se realiza con el fin de aumentar el mayor desarrollo de fase vegetativa y aumento de coronas, y se presentaba cada semana nuevas flores para ello el intervalo de eliminación de flores se realizó cada siete días y se realizó manualmente (Figura 7). En caso de malezas no hubo ninguna interferencia porque estaba con plástico mulch para su control.

Figura 7

Poda de hojas y flores secas.



l) Control de plagas y enfermedades

Se presentaron plagas como la arañita roja, trips, pulgón, chinches y para su control se recurrió al control químico con imidacloprid y abamectina, la aplicación se realizó con la mochila manual cada 2 meses.

No se presentaron ninguna enfermedad debido al efecto de bioestimulantes aplicados en cada tratamiento.

m) Cosecha

La primera cosecha se realizó tres meses después del trasplante y se continuó con las recolecciones durante un periodo de cuatro meses, con evaluaciones semanales. Para ello, se utilizaron una cesta de cosecha de fresa, una balanza gramera para el pesaje individual de los frutos, un vernier para medir el diámetro y la longitud, y material de registro (folder, bolígrafo y papel bond). Se evaluaron 10 plantas por unidad experimental (Figura 8 y Figura 9), registrando los datos de cada fruto maduro. Una vez finalizada cada jornada de cosecha, los frutos fueron almacenados en cajas para frutas. Las evaluaciones del cultivo comenzaron el 1 de marzo de 2023 y concluyeron el 28 de junio del mismo año.

Figura 8

Evaluaciones de plantas antes de la cosecha.



Figura 9

Cosecha y evaluación de frutos de fresa.



3.5.2. Materiales, equipos y herramientas

a) Materiales

- Fichas de registro de campo
- Cinta adhesiva
- Cinta de embalaje
- Plumón indeleble
- Papel bond A4
- Letreros de identificación de tratamientos

b) Material de trabajo

- Plántulas de fresa
- *Trichoderma spp.* (Producto comercial Tricos).
- Micorrizas (Producto comercial Micoss)
- Plástico para el acolchado
- Mangueras de riego por goteo
- Cestas para la cosecha de frutos



- Balanza de mano
- Vernier digital
- Cámara fotográfica

c) Para preparación de dosis

- Baldes para las mezclas
- Vaso de precipitados
- Balanza con escala de gramos
- Agitador
- Bidones de 20 litros para conservar las dosis
- Jeringas para inoculación de dosis

Los instrumentos de medición utilizados en campo fueron adquiridos nuevos, son digitales y cuentan con la certificación del fabricante; para validarlos se han realizado pruebas de comprobación de medida, antes de proceder a las mediciones, sin embargo una validación rigurosa requeriría pruebas de validación de contenido, validación de criterio, validación de constructo, y para el aseguramiento de calidad se procedería con pruebas de test-retest, mitades partidas, alfa de Cronbach, formas equivalentes y pruebas inter-observador, con sus correspondientes pruebas estadísticas.

3.5.3. Diseño Metodológico

El diseño experimental utilizado para el desarrollo del trabajo de investigación fue un diseño con bloques completos al azar (DBCA) bajo un arreglo factorial 4 x 4 con tres repeticiones haciendo un total de 48 unidades experimentales.

El modelo lineal aplicado fue el siguiente:



$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + u_{ijk}; i=1, 2, \dots, a; j=1, 2, \dots, b; k=1, 2, \dots, r$$

Donde:

y_{ij} : Representa la observación correspondiente al nivel (i) del factor A y al nivel (j) del factor B.

μ : Efecto constante denominado media global.

T_i : Efecto producido por el nivel i-ésimo del factor A, ($\sum_i \tau_i = 0$).

B_j : Efecto producido por el nivel j-ésimo del factor B, ($\sum_j \beta_j = 0$).

$(\tau\beta)_{ij}$: Efecto producido por la interacción entre A×B, ($\sum_i (\tau\beta)_{ij} = \sum_j (\tau\beta)_{ij} = 0$).

U_{ij} : son variables aleatorias independientes con distribución N (0, σ).

R : Es el número de replicaciones y n = abr es el número de observaciones.

Se evaluaron las siguientes variables, para lo cual se seleccionaron aleatoriamente 10 plantas por tratamiento, a partir de las cuales se realizó la toma de datos de los parámetros establecidos:

- **Altura de planta:** Es la distancia vertical desde la base de la planta (donde el tallo emerge del suelo) hasta el punto más alto de la planta, incluyendo las hojas, flores y frutos (si los hay). Se midió la altura de diez plantas elegidas al azar siguiendo el método zigzag para ser promediadas en cada unidad experimental.
- **Número de frutos por planta:** Se refiere a la cantidad de fresas que produce una planta individual durante su ciclo de vida. Este número depende de varios factores como la variedad de fresa, las condiciones de cultivo (nutrientes, riego, luz, etc.), y el manejo de la planta (podas, eliminación de estolones, etc.). Se contó el número de frutos por planta en 10 plantas



elegidas al azar siguiendo el método zigzag para ser promediadas en cada unidad experimental.

- **Diámetro del fruto:** Se refiere a la distancia máxima desde un extremo al otro a través de la sección ecuatorial de la fruta. Se realizó la medición en la parte frontal del fruto en milímetros utilizando un vernier digital.
- **Longitud del fruto:** Se refiere a la distancia desde la base del fruto (donde se conecta al tallo) hasta la punta del fruto. En la fresa, el fruto no es la "fruta" común que uno piensa, sino que es el receptáculo carnoso hipertrofiado donde se encuentran los aquenios (pequeños frutos individuales). La longitud de este receptáculo puede variar según la variedad de fresa y las condiciones de cultivo. Esta variable se medirá en centímetros en la parte longitudinal del fruto con la regla milimétrica.
- **Peso de fruto:** Se refiere a la masa o cantidad de sustancia que tiene un fruto individual de fresa. Este valor puede variar dependiendo de la variedad de fresa, las condiciones de cultivo y otros factores. Se pesó 10 frutos en la balanza digital y se promedió por cada unidad experimental.
- **Rendimiento por hectárea:** El rendimiento de fresa por hectárea se define como la cantidad total de frutos producidos en una hectárea ($10,000 m^2$) de cultivo de fresa. Se expresa generalmente en toneladas por hectárea (t/ha) o en kilogramos por hectárea (kg/ha). Consistió en cosechar, contabilizar y pesar las fresas por parcela útil, las cosechas se realizaron cada semana. Se tomaron los datos de 10 plantas, así mismo los datos de cosecha se tomaron por semana y se sumaron para tener la producción mensual.



Para el procesamiento de los datos se han registrado los datos semanalmente de acuerdo a como se iban cosechando los frutos de fresa, realizando mediciones de la longitud de fruto, diámetro de fruto, número de frutos cosechados, etc., estos datos han sido promediados mensualmente y finalmente han constituido los promedios de cada una de las unidades experimentales, para luego formar una matriz de datos , la cual fue llevada a un análisis estadístico, verificando los supuestos estadísticos para realizar el correspondiente análisis de varianza (ANOVA) y la correspondiente prueba de comparación de medias de Tukey utilizando el software R Studio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DOSIS DE *Trichoderma* Y MICORRIZAS EN EL TAMAÑO DEL FRUTO DE FRESA

4.1.1. Diámetro de fruto de fresa

El análisis de varianza realizado sobre la variable diámetro de fruto de fresa mostró una interacción significativa entre los factores *Tricot* y *Micoss*. Asimismo, se encontraron diferencias significativas individuales para ambos factores (*Tricot* y *Micoss*), con una probabilidad estadística de $P \leq 0.05$. El diámetro promedio del fruto fue de 40.32 mm, con un coeficiente de variación de 2.44%.

Tabla 6

Análisis de varianza para diámetro de fruto de fresa

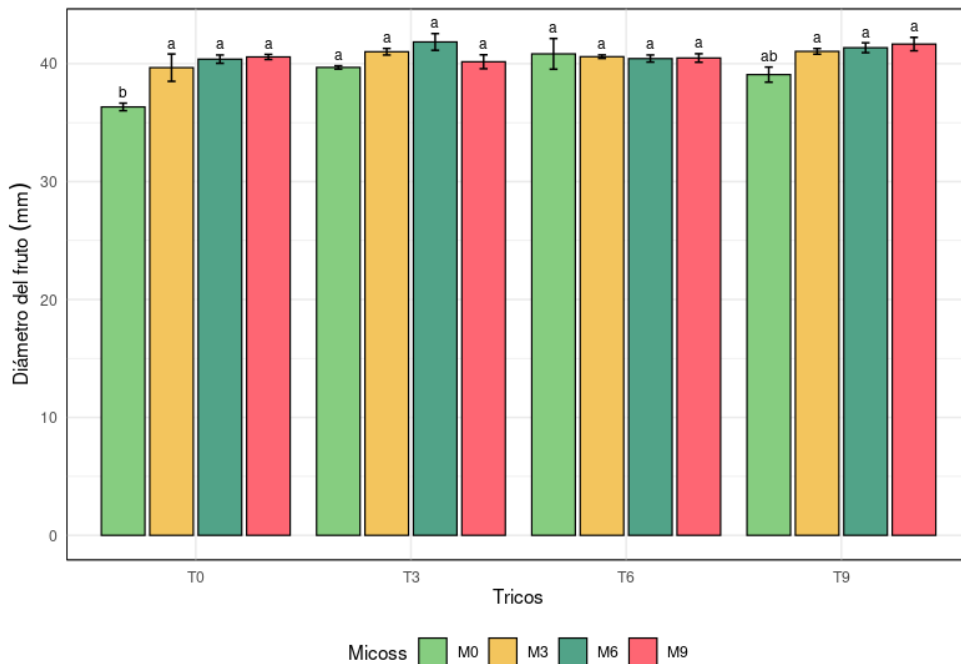
Factor	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr(>F)	Sig
Bloques	2	3.679	1.839	1.894	0.168	ns
Tricot	3	18.989	6.330	6.518	0.002	**
Micoss	3	29.912	9.971	10.268	0.000	**
Tricot x Micoss	9	26.071	2.897	2.983	0.012	*
Residuos	30	29.132	0.971			
Media = 40.32 mm			C.V. 2.44%			

Según la prueba de comparación de medias de Tukey aplicada a la variable diámetro de fruto (Tabla 17, Anexo 1), se observó que todos los tratamientos

difieren significativamente del testigo, con excepción del tratamiento T9M0. El mayor diámetro promedio, de 41.84 mm, se obtuvo con el tratamiento T3M6.

Figura 10

Diámetro del fruto de fresa, sometidos a dos factores Tricot y Micoss.



Por otro lado, Cruz (2007) reportó un diámetro de fruto de hasta 33.52 mm en un cultivo orgánico de fresa. De manera similar, Quispe (2017) informó un diámetro de 31.5 mm al aplicar *Trichocastle* en la variedad Camarosa, valores que resultan ligeramente inferiores a los obtenidos en el presente estudio para la variedad San Andreas.

4.1.2. Longitud de fruto

El análisis de varianza realizado para la variable longitud de fruto (expresada en mm) evidenció una interacción significativa entre los factores *Tricot* y *Micoss*. Asimismo, ambos factores mostraron efectos altamente significativos de forma individual, con un nivel de probabilidad de $P \leq 0.05$. El

valor promedio de la longitud de fruto fue de 51.82 mm, con un coeficiente de variación de 2.33%.

Tabla 7

Análisis de varianza para longitud de fruto de fresa

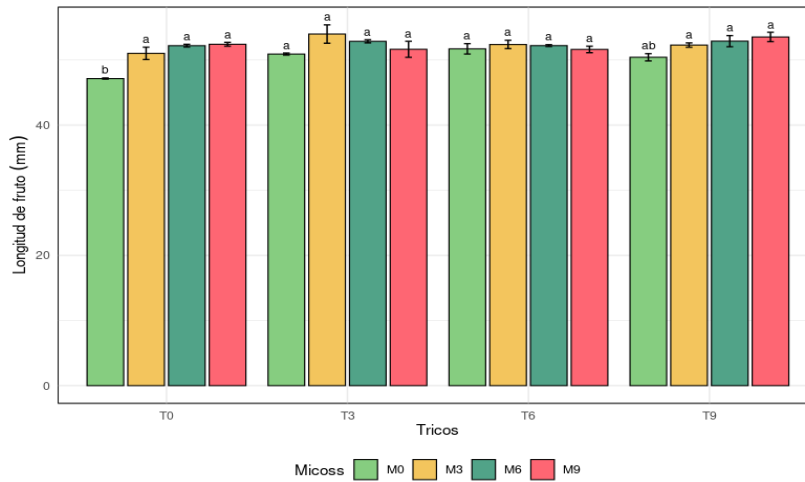
Factor	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr(>F)	Sig
Bloques	2	1.976	0.988	0.680	0.514	ns
Tricot	3	21.451	7.150	4.923	0.007	**
Micoss	3	50.948	16.983	11.692	0.000	**
Tricot x Micoss	9	36.692	4.077	2.807	0.016	*
Residuos	30	43.575	1.453			
Media = 51.82 mm			C.V. 2.33%			

La prueba de comparación de medias de Tukey para la variable longitud del fruto de fresa (Tabla 18, Anexo 1) determinó que todos los tratamientos difieren significativamente del testigo, excepto el tratamiento T9M0. El mayor valor de longitud promedio, de 53.97 mm, se registró con el tratamiento T3M3, en la producción de fresa cv. 'San Andreas' bajo condiciones de campo en la región de La Joya – Arequipa.

En comparación, Quispe (2017) reportó una longitud de fruto de 38.8 mm en tratamientos con *Trichocastle*, con diferencias altamente significativas. Este valor se encuentra muy por debajo del obtenido con el tratamiento T9M0 (uso de *Trichoderma* sin micorrizas). Cabe destacar que todos los tratamientos evaluados en la presente investigación superaron dicho valor, en la producción de fresa cv. 'San Andreas' bajo condiciones de campo en la región de La Joya – Arequipa.

Figura 11

Longitud de fruto de fresa sometidos a dos factores Tricot y Micoss.



4.1.3. Altura de planta

El análisis de varianza realizado para la variable altura de planta (expresada en cm) indicó que no existen diferencias significativas entre los factores *Tricot* y *Micoss*, ni entre los tratamientos aplicados, lo que sugiere que no tuvieron efecto sobre la altura de planta. El análisis se realizó con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$, obteniéndose un promedio general de 20.6 cm y un coeficiente de variación de 7.97%.

Tabla 8

Análisis de varianza para altura de planta de fresa

Factor	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr(>F)	Sig
Bloques	2	133.255	66.628	24.716	0.000	**
Tricot	3	20.387	6.796	2.521	0.077	ns
Micoss	3	22.687	7.562	2.805	0.057	ns
Tricot x Micoss	9	25.809	2.868	1.064	0.416	ns
Residuos	30	80.871	2.696			
Media = 20.6 cm			C.V. 7.97%			

Los resultados obtenidos en la evaluación del tamaño del fruto de fresa indican que la dosis T3M6 fue la más efectiva para incrementar el diámetro del fruto, mientras que la dosis T3M3 resultó ser la más adecuada para mejorar su longitud. Asimismo, se determinó que la altura de planta no está directamente relacionada con el tamaño del fruto, ya que no mostró efectos significativos sobre esta variable.

4.2. DOSIS DE *Trichoderma* Y MICORRIZAS EN EL RENDIMIENTO DE FRESA

4.2.1. Peso de fruto

El análisis de varianza realizado para la variable peso de fruto (expresado en gramos) indicó que no existe una interacción significativa entre los factores *Tricot* y *Micoss*. Sin embargo, ambos factores mostraron efectos altamente significativos de forma individual ($P \leq 0.05$). El peso promedio del fruto fue de 21.66 g, con un coeficiente de variación de 4.7%.

Tabla 9

Análisis de varianza para peso de fruto de fresa

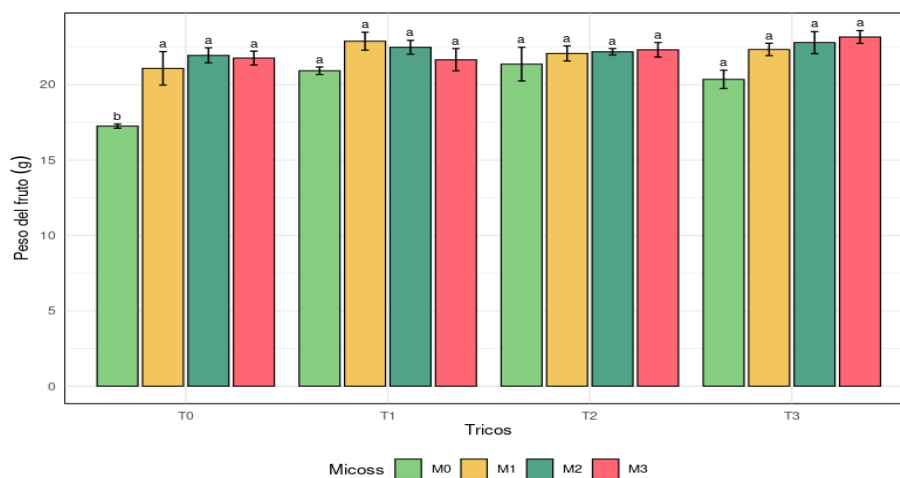
Factor	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr(>F)	Sig
Bloques	2	4.625	2.312	2.234	0.125	ns
Tricot	3	21.372	7.124	6.882	0.001	**
Micoss	3	45.963	15.321	14.801	0.000	**
Tricot x Micoss	9	20.291	2.255	2.178	0.053	ns
Residuos	30	31.055	1.035			
Media = 21.66 g			C.V. 4.7%			

La prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 20, Anexo 1) mostró que todos los tratamientos difieren significativamente del testigo. El mayor peso promedio de fruto se obtuvo con el tratamiento T9M9, alcanzando 23.16 gramos, en comparación con los 17.5 gramos registrados en el testigo.

Con respecto a los valores obtenidos para la variable peso de fruto, López et al. (2020) reportaron un valor superior de 32.75 g en aplicaciones de micorrizas en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). Por su parte, Soria (2012) obtuvo un peso promedio de 26.74 g al utilizar micorrizas arbusculares inoculadas con *Glomus clarum*, valor cercano al alcanzado en la presente investigación. Asimismo, Quispe (2017) evaluó la influencia de *Trichocastle* (formulación con tres especies de *Trichoderma*), registrando un peso máximo de 16.05 g en frutos provenientes de plantas tratadas con estiércol de vacuno inoculado. Finalmente, Sánchez (2015) reportó frutos con un peso promedio de 10.01 g en el genotipo UM4 de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), siendo estos últimos valores considerablemente inferiores a los obtenidos en el presente estudio.

Figura 12

Peso de fruto de fresa sometidos a Tricot y Micoss.



4.2.2. Número de frutos de fresa

El análisis de varianza realizado para la variable número de frutos en el cultivo de fresa, bajo la influencia de dos factores, reveló que únicamente el factor *Micoss* presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$). El promedio general fue de 77.36 frutos por unidad experimental, con un coeficiente de variación de 18.71%.

Tabla 10

Análisis de varianza para número de frutos de fresa por planta

Factor	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr(>F)	Sig
Bloques	2	6143.906	3071.953	14.665	0.000	***
Tricot	3	398.639	132.880	0.634	0.599	ns
Micoss	3	2612.840	870.947	4.158	0.014	*
Tricot x Micoss	9	1124.290	124.921	0.596	0.790	ns
Residuos	30	6284.084	209.469			
Media = 77.36.frutos		C.V. 18.71%				

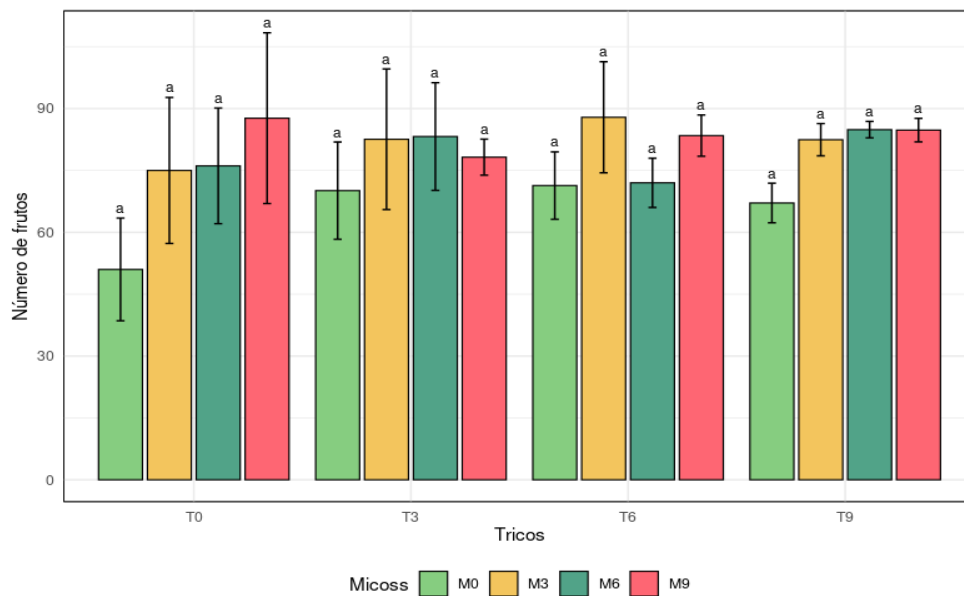
La prueba de comparación de medias de Tukey al nivel de significancia de 0.01 para la variable número de frutos en fresa (Tabla 21, Anexo 1) determinó que no existen diferencias significativas entre los niveles de los factores *Tricot* y *Micoss*, ni entre los tratamientos evaluados, resultando estadísticamente similares. Sin embargo, el mayor número de frutos se registró con el tratamiento T6M3, alcanzando un promedio de 87.89 frutos por unidad experimental, bajo condiciones de campo en la región de La Joya – Arequipa.

En comparación, Quispe (2017) reportó un promedio significativamente superior de 9.8 frutos por planta al aplicar *Trichocastle* en cultivo de fresa. Por su parte, Sánchez (2015) registró un promedio de 6 frutos por planta en el genotipo

VC2, como parte de una caracterización morfológica de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). Ambos valores resultan considerablemente inferiores a los obtenidos en el presente estudio, lo que evidencia un mejor desempeño productivo bajo las condiciones evaluadas en La Joya – Arequipa.

Figura 13

Número de frutos de fresa sometidos a dos factores *Tricot* y *Micoss*.



4.2.3. Rendimiento por hectárea de fruto de fresa

El análisis de varianza realizado para la variable rendimiento por hectárea en el cultivo de fresa indicó que solo el factor *Micoss* presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$), mientras que no se encontraron efectos significativos para el factor *Tricot* ni para la interacción entre ambos factores. El rendimiento promedio fue de 9,492.39 kg/ha, con un coeficiente de variación de 21.87%.

Tabla 11

Análisis de varianza para rendimiento por hectárea de fresa

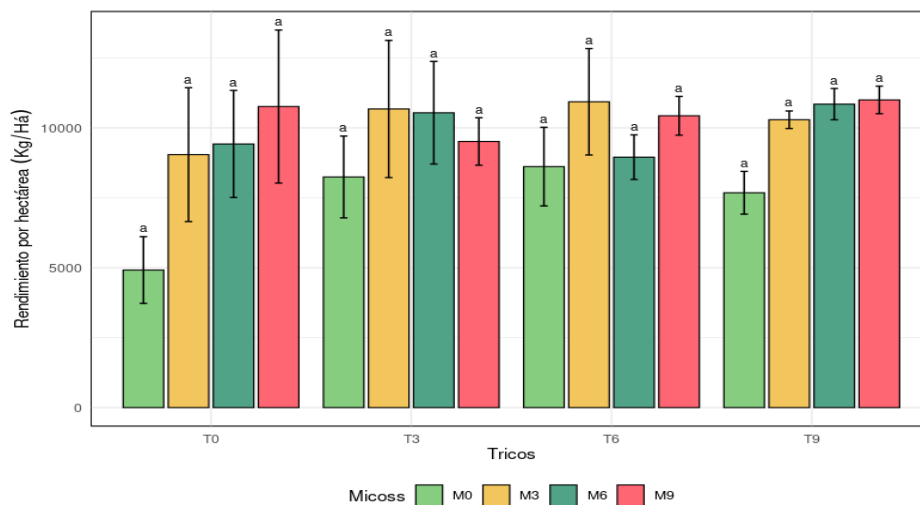
Factor	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr(>F)	Sig
Bloques	2	101536939.986	50768469.993	11.782	0.000	**
Tricot	3	14975539.457	4991846.486	1.158	0.342	ns
Micoss	3	73871156.826	24623718.942	5.715	0.003	**
Tricot x Micoss	9	27700260.458	3077806.718	0.714	0.692	ns
Residuos	30	129268191.545	4308939.718			

Media = 9,492.39 Kg/ha C.V. 21.87%

La prueba de comparación de medias de Tukey para la variable rendimiento por hectárea (Tabla 22, Anexo 1) determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. No obstante, el tratamiento T9M9 registró la mayor producción, con un rendimiento de 10,999.09 kg/ha en el cultivo de fresa bajo condiciones de campo en la región de La Joya – Arequipa.

Figura 14

Rendimiento de fruto de fresa (kg/ha) sometidos a dos factores Tricot y Micoss





Al respecto, Quispe (2017) evaluó la influencia de *Trichocastle* en el cultivo de fresa variedad Camarosa, reportando un rendimiento de 11,022.2 kg/ha, valor similar al obtenido en el presente estudio, lo que respalda la validez de los resultados obtenidos en la estimación del rendimiento por hectárea. Por su parte, López et al. (2020), en un estudio sobre la producción de fresa variedad Dunch con la aplicación de micorrizas, no encontraron efectos significativos de estas sobre el rendimiento, siendo la variedad Zamorana la que presentó los mayores valores productivos. En otro estudio, Cruz (2007) utilizó *Trichoderma harzianum* para el tratamiento de enfermedades, obteniendo un rendimiento de 6,550 kg/ha, considerablemente inferior al registrado en la presente investigación. Finalmente, Sánchez (2015), en su caracterización morfológica y productiva de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), reportó un rendimiento de 55.54 g por planta.

Los resultados obtenidos confirman que los productos *Tricot* y *Micoss* no presentan diferencias significativas en la mejora del rendimiento ni en el número de frutos, lo cual puede atribuirse a la amplitud del coeficiente de variación registrado. No obstante, la dosis T9M9 (9 kg/ha de *Tricot* y 9 kg/ha de *Micoss*) se identificó como la más adecuada para obtener frutos con mayor peso, destacándose como un tratamiento favorable en términos de calidad comercial.

4.3. COSTO/BENEFICIO DE *Trichoderma* Y MICORRIZAS, EN EL CULTIVO DE FRESA

Los resultados del análisis costo/beneficio se presentan en la Tabla 13, calculados en función del mejor tratamiento (T9M9), el cual alcanzó una producción de 10,999.09 kg/ha. El detalle del costo de producción para el cultivo de fresa cv. 'San Andreas' durante



un periodo de 12 meses se encuentra en la Tabla 12, estimándose un costo total de S/ 37,210.95. A continuación, se describe el análisis correspondiente.

Tabla 12

Costos de producción de fresas cv. San Andreas para una hectárea del tratamiento T9M9

Datos generales:				
Variedad:	Fresa "San Andreas"	Ciclo mes	12	
Tratamiento	T9-M9	Int. anual	22.57%	
Mes siembra	noviembre	Ambito	campo	
Especificaciones	Unidad de Medida	Cant.	Costo Unitario (S/.)	Costo Parcial (S/.)
A. COSTOS DIRECTOS				35,439.00
A.1.- Preparación de terreno				32,399.00
<u>Actividades preliminares</u>				395.00
Muestreo de suelo	Actividad	1	50.00	50.00
Análisis de suelo	Servicio	1	120.00	120.00
Arado	Hora/máq.	1	75.00	75.00
Rastra	Hora/máq.	1	70.00	70.00
Surcado para camellones	Hora/máq.	1	80.00	80.00
<u>Mano de obra</u>				2,400.00
Traslado de estiércol	Jornal	4	100.00	400.00
Mulch	Jornal	4	100.00	400.00
Acolchado	Jornal	8	100.00	800.00
Abrir orificio en plástico	Jornal	4	100.00	400.00
Siembra	Jornal	4	100.00	400.00
<u>Insumos</u>				20,569.00
Plántulas de fresa	Millar	58	230.00	13,340.00
<i>Trichoderma</i> spp.	kg	9	270.00	2,430.00
Micorrizas	kg	9	150.00	1,350.00
Melaza	Litros	140	10.00	1,400.00
Giga kelp	Litros	1	65.00	65.00
Fertiphos combi KLT	Litros	1	40.00	40.00
Estiércol	Toneladas	22.4	60.00	1,344.00
Agua para riego	m ³	6000	0.10	600.00
<u>Materiales</u>				9,035.00
Plástico mulch	Rollo	10	850.00	8,500.00
Mochila de fumigar	Unidad	4	80.00	320.00
Cesta de cosecha con asadera	Unidad	5	15.00	75.00
Jaba cosechera	Unidad	20	7.00	140.00
A.2.- Repique				1,090.00
<u>Mano de obra</u>				1,000.00
Replante	Jornal	0.5	100.00	50.00
Eliminación de estolones y flores	Jornal	0.5	100.00	50.00
Repique	Jornal	5	100.00	500.00



Aplicación contra plagas	Jornal	4	100.00	400.00
<u>Herramientas</u>				90.00
Balde 20 litros	Unidad	2	15.00	30.00
Cilindro de plástico de 200litros	Unidad	1	60.00	60.00
A.3.- Mantenimiento de cultivo				1,950.00
<u>Mano de obra</u>				1,950.00
Biofertilización/Quincenal	Jornal	0.5	100.00	50.00
Deshierbo/cada 4 meses	Jornal	2	100.00	200.00
Costo operativo de Riego en 12 meses (S/.)	Jornal	12	100.00	1,200.00
Ira aplicación de microorganismos	Jornal	2	100.00	200.00
2da aplicación de microorganismos	Jornal	2	100.00	200.00
Fertiriego	Actividad	1	100.00	100.00
B. COSTOS INDIRECTOS				1,771.95
Imprevistos	%	2	35,439.00	708.78
Gastos Administrativos	%	2	35,439.00	708.78
Asistencia técnica	%	1	35,439.00	354.39
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				37,210.95

El análisis de rentabilidad realizado para el tratamiento T9M9 (Tabla 13) en el cultivo de fresa por hectárea determinó un índice de rentabilidad de 47.79%, lo cual representa un resultado altamente favorable para la producción de fresa bajo condiciones de campo en la región de La Joya – Arequipa.

Tabla 13

Análisis de rentabilidad para cultivo de fresa San Andreas con el tratamiento T9M9

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PARA TRATAMIENTO T9M9		
1 Valoración de la Producción		
Producción (kg)	Prod	10,999.00
Precio de Ventas (S/ x kg)		5.00
Valor Bruto de la Producción	VBP = Prod x Pventa	54,995.00
2 Análisis de Rentabilidad		
Costo Directo (variable)	CD=	35,439.00
Costo Indirecto (Fijo)	CI=	1771.95
Costo Total de Producción	CTP= CD + CI	37,210.95
Valor Bruto de la Producción	VBP =	54,995.00
Utilidad Bruta de la Producción	UB=VBP-CD	19,556.00
Precio de venta en chacra Unitario (kg)	PVU	5.00
Costo de Producción Unitario (kg)	CPU= CTP / Prod	3.38
Margen de Utilidad Unitario (kg)	MUU= PVU - CPU	1.62
Utilidad Neta de la Producción	UN= VBP-CTP	17,784.05
Índice de Rentabilidad (%)	IR = (VBP-CTP)*100 / CTP	47.79 %

En la Tabla 14 se presenta el análisis del punto de equilibrio para la producción de fresa cv. 'San Andreas' bajo el tratamiento T9M9, en condiciones de campo en La Joya – Arequipa. Se determinó que la producción mínima requerida para cubrir los costos de producción es de 1,200 kg, con lo cual se obtiene un ingreso total de S/ 6,000 frente a un costo total de S/ 5,911.38, generando un margen positivo de S/ 88.62. Esto indica que, a partir de dicho volumen, el cultivo comienza a ser rentable.

Tabla 14

Punto de equilibrio para la producción de fresas en el tratamiento T9M9

Cantidad kg	PVU (Precio de venta unitario)	CVU (costo variable unitario)	Ingresos totales	Costos variables totales	Costos fijos totales	Costos totales	Ingresos T - Costos T
100	5	3.43	500.00	343.00	1,795.38	2,138.38	-1,638.38
200	5	3.43	1,000.00	686.00	1,795.38	2,481.38	-1,481.38
300	5	3.43	1,500.00	1,029.00	1,795.38	2,824.38	-1,324.38
400	5	3.43	2,000.00	1,372.00	1,795.38	3,167.38	-1,167.38
500	5	3.43	2,500.00	1,715.00	1,795.38	3,510.38	-1,010.38
600	5	3.43	3,000.00	2,058.00	1,795.38	3,853.38	-853.38
700	5	3.43	3,500.00	2,401.00	1,795.38	4,196.38	-696.38
800	5	3.43	4,000.00	2,744.00	1,795.38	4,539.38	-539.38
900	5	3.43	4,500.00	3,087.00	1,795.38	4,882.38	-382.38
1000	5	3.43	5,000.00	3,430.00	1,795.38	5,225.38	-225.38
1100	5	3.43	5,500.00	3,773.00	1,795.38	5,568.38	-68.38
1200	5	3.43	6,000.00	4,116.00	1,795.38	5,911.38	88.62
1300	5	3.43	6,500.00	4,459.00	1,795.38	6,254.38	245.62
1400	5	3.43	7,000.00	4,802.00	1,795.38	6,597.38	402.62
1500	5	3.43	7,500.00	5,145.00	1,795.38	6,940.38	559.62
2000	5	3.43	10,000.00	6,860.00	1,795.38	8,655.38	1,344.62
2100	5	3.43	10,500.00	7,203.00	1,795.38	8,998.38	1,501.62
2200	5	3.43	11,000.00	7,546.00	1,795.38	9,341.38	1,658.62
3000	5	3.43	15,000.00	10,290.00	1,795.38	12,085.38	2,914.62
6000	5	3.43	30,000.00	20,580.00	1,795.38	22,375.38	7,624.62
10000	5	3.43	50,000.00	34,300.00	1,795.38	36,095.38	13,904.62
10,999.09	5	3.43	54,995.45	37,726.88	1,795.38	39,522.26	15,473.19

El incremento de las áreas dedicadas al cultivo de fresa en La Joya – Arequipa, a pesar de las condiciones de aridez de la zona, responde a su atractivo índice de

rentabilidad y bajo punto de equilibrio. Estos factores permiten la implementación de tecnologías sostenibles como la biofertilización del suelo mediante Trichodermas y micorrizas, en conjunto con sistemas de riego por goteo que optimizan el uso del agua, un recurso especialmente limitado en zonas áridas como La Joya.

Tabla 15

Costos de producción de fresas cv. San Andreas para una hectárea (testigo)

<u>Datos generales:</u>				
Variedad:	Fresa "San Andreas"	Ciclo mes	12	
Tratamiento	T0-M0	Int. anual	22.57 %	
Mes siembra	noviembre	Ambito	campo	
Especificaciones	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Costo Parcial (S/.)
A. COSTOS DIRECTOS				28,766.50
A.1.- Preparación de terreno				26,139.00
<u>Actividades preliminares</u>				395.00
Muestreo de suelo	Actividad	1	50.00	50.00
Análisis de suelo	Servicio	1	120.00	120.00
Arado	Hora/máquina	1	75.00	75.00
Rastra	Hora/máquina	1	70.00	70.00
Surcado para camellones	Hora/máquina	1	80.00	80.00
<u>Mano de obra</u>				1,320.00
Traslado de estiércol	Jornal	4	100.00	220.00
Mulch	Jornal	4	100.00	220.00
Acolchado	Jornal	8	100.00	440.00
Abrir orificio en plástico	Jornal	4	100.00	220.00
Siembra	Jornal	4	100.00	220.00
<u>Insumos</u>				15,389.00
Plántulas de fresa	Millar	58	230.00	13,340.00
Giga kelp	Litros	1	65.00	65.00
Fertiphos combi KLT	Litros	1	40.00	40.00
Estiércol	Toneladas	22.4	60.00	1,344.00
Agua para riego	m ³	6000	0.10	600.00
<u>Materiales</u>				9,035.00
Plástico mulch	Rollo	10	850.00	8,500.00
Mochila de fumigar	Unidad	4	80.00	320.00
Cesta de cosecha con asadera	Unidad	5	15.00	75.00
Jaba cosechera	Unidad	20	7.00	140.00
A.2.- Repique				887.50



<u>Mano de obra</u>				797.50
Replante	Jornal	0.5	100.00	27.50
Eliminación de estolones y flores	Jornal	0.5	100.00	50.00
Repique	Jornal	5	100.00	500.00
Aplicación contra plagas	Jornal	4	100.00	220.00
<u>Herramientas</u>				90.00
Balde 20 litros	Unidad	2	15.00	30.00
Cilindro de plástico de 200litros	Unidad	1	60.00	60.00
A.3.- Mantenimiento de cultivo				1,740.00
<u>Mano de obra</u>				1,740.00
Deshierbo/cada 4 meses	Jornal	2	100.00	440.00
Costo de Riego en 12 meses (S/.)	Jornal	12	100.00	1,200.00
Fertirriego	Actividad	1	100.00	100.00
B. COSTOS INDIRECTOS				1,438.33
Imprevistos	%	2	28,766.50	575.33
Gastos Administrativos	%	2	28,766.50	575.33
Asistencia técnica	%	1	28,766.50	287.67
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				30,204.83

Los resultados del análisis costo/beneficio para el tratamiento testigo (TOM0) se presentan en la Tabla 16. Este tratamiento alcanzó una producción de 4,918.37 kg/ha. En la Tabla 15 se detalla el costo total de producción del cultivo de fresa cv. ‘San Andreas’, estimado para un periodo de 12 meses, el cual asciende a 29,314.95 soles, conforme al siguiente desglose.

El análisis de rentabilidad para el tratamiento testigo TOM0 (Tabla 16) determinó un índice de rentabilidad de -18.58%, resultado que evidencia una condición económica desfavorable para el cultivo de fresa en condiciones de campo en La Joya – Arequipa. Este resultado reafirma la necesidad de implementar tratamientos biofertilizantes, como Trichodermas y micorrizas, con el fin de alcanzar rentabilidades positivas y evitar pérdidas asociadas a los altos costos de producción.



Tabla 16

Análisis de rentabilidad para cultivo de fresa San Andreas con el tratamiento Testigo

TOMO

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PARA TRATAMIENTO TOMO		
1 Valoración de la Producción		
Producción (kg)	Prod	4,918.37
Precio de Ventas (S/ x kg)		5.00
Valor Bruto de la Producción	$VBP = Prod \times Pventa$	24,591.85
2 Análisis de Rentabilidad		
Costo Directo (variable)	CD=	28,766.50
Costo Indirecto (Fijo)	CI=	1,438.33
Costo Total de Producción	$CTP = CD + CI$	30,204.83
Valor Bruto de la Producción	VBP =	24,591.85
Utilidad Bruta de la Producción	$UB = VBP - CD$	-4,174.65
Precio de venta en chacra Unitario (kg)	PVU	5.00
Costo de Producción Unitario (kg)	$CPU = CTP / Prod$	6.14
Margen de Utilidad Unitario (kg)	$MUU = PVU - CPU$	-1.14
Utilidad Neta de la Producción	$UN = VBP - CTP$	-5,612.98
Índice de Rentabilidad (%)	$IR = (VBP - CTP) * 100 / CTP$	-18.58 %



V. CONCLUSIONES

- Se determinó que la mejor combinación para mejorar el diámetro del fruto fue el tratamiento T3M6 (Trichoderma 3 kg/ha + micorrizas 6 kg/ha), con un valor promedio de 41.84 mm, mientras que la mayor longitud del fruto se obtuvo con el tratamiento T9M0 (Trichoderma 9 kg/ha sin micorrizas), alcanzando 53.97 mm. No se encontraron diferencias significativas en la altura de planta, lo que indica que el tamaño del fruto no está directamente asociado con el crecimiento vegetativo en esta variable. Por lo tanto, dosis moderadas de ambos biofertilizantes optimizan el tamaño del fruto.
- El tratamiento T9M9 (9 kg/ha de Trichoderma + 9 kg/ha de micorrizas) obtuvo el mayor peso de fruto promedio (23.16 g) y el mayor rendimiento por hectárea (10,999.09 kg/ha), aunque estadísticamente no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos debido a la alta variabilidad. Sin embargo, la magnitud de los valores obtenidos respalda el efecto positivo de esta combinación de microorganismos sobre el rendimiento del cultivo en condiciones áridas.
- El análisis costo-beneficio demostró que el tratamiento T9M9 fue el más rentable, con una utilidad neta de S/ 17,784.05 y un índice de rentabilidad de 47.79%. En contraste, el tratamiento testigo (T0M0) presentó una rentabilidad negativa de -18.58%. Además, el punto de equilibrio se estableció en 1,200 kg/ha, valor muy por debajo del rendimiento alcanzado con T9M9, lo que confirma la viabilidad económica del uso de Trichoderma y micorrizas bajo condiciones de producción en zonas áridas como La Joya – Arequipa.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar Trichoderma a razón de 3 kg/ha y micorrizas a 6 kg/ha (T3M6) para obtener frutos con mayor diámetro. Para mejorar la longitud del fruto, se sugiere la dosis T3M3. Estas combinaciones son especialmente recomendables para mercados que valoran frutas con buen calibre y presentación.
- Para productores interesados en maximizar la producción total, se recomienda el uso de Trichoderma y micorrizas en dosis de 9 kg/ha cada uno (T9M9), dado que esta combinación permitió alcanzar el mayor rendimiento y peso promedio de fruto.
- El tratamiento T9M9 no solo mejoró la productividad, sino que demostró ser rentable con un índice de rentabilidad de 47.79%, por lo que se recomienda como parte de un manejo agronómico sostenible. Se sugiere a los agricultores reemplazar o complementar el uso de fertilizantes sintéticos con biofertilizantes a base de Trichoderma y micorrizas, para reducir costos y mejorar la salud del suelo.
- Se recomienda capacitar a los productores sobre la preparación, aplicación y manejo de Trichoderma y micorrizas, así como brindar asistencia técnica para el seguimiento del desarrollo del cultivo bajo este esquema biológico.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almonte, R. (2016). *Caracterización físico química de los suelos desérticos de las pampas de la Joya-Arequipa y su posible uso agrícola* [Tesis Ingeniero Químico]. Universidad Nacional de San Agustín.
- Cetinel, A., Gokce, A., Erdik, E., Cetinel, B., & Çetinkaya, N. (2021). The effect of *Trichoderma citrinoviride* treatment under salinity combined to *Rhizoctonia solani* infection in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Agronomy*, *11*(8), 1589. <https://doi.org/10.3390/agronomy1108158>
- Chen, X., Aili, Y., Ma, X., Wang, H., & Dawuti, M. (2023). Mycorrhizal fungal colonization promotes apparent growth and physiology of *Alhagi sparsifolia* seedlings under salt or drought stress at vulnerable developmental stage. *Plant Growth Regulation*, *1*, Plant Growth Regulation. <https://doi.org/10.1007/s10725-023-00996-0>
- Chiqui, F. (2010). *Evaluación de rendimiento en el cultivo de fresa (Fragaria sp) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacios, Cantón Cuenca*. [Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4745>
- Cruz, T. (2007). *Efecto de tres distancias de siembra y tres alternativas de manejo de enfermedades en el cultivo orgánico de fresa (Fragaria spp.) variedades Festival, en las Sabanas, Madriz* [Tesis Ingeniero Agrónomo Generalista, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/2022/1/tnf01c957d.pdf>
- Ertürk, Y. (2022). Biological fertilizers-containing beneficial microorganisms in fruit culture. *Ahi Ziraat Dergisi*, *2*(1), 92.
- Espinoza, M. (2009). *Estudio de prefactibilidad para la exportación de fresa congelada al mercado de Estados Unidos* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5709/ESPINOZA_MARCO_PRE_FACTIBILIDAD_EXPORTACION_FRESA_CONGELADA_ESTADOS_UNIDOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y



- FIA. (2004). *Producción y Utilización de Trichoderma spp* (Fundación para la Innovación Agraria (FIA)). https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/146882/Manual-de-Produccion-y-utilizacion-de-Trichoderma_FIA-PI-C-2000-1-A-156.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gonzalez, M. (2012). *Bacillus subtilis como promotora del rendimiento y calidad de fresa*. [Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán]. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12272/GONZ%C3%81LEZ%20UR%C3%8DAS%20MAR%C3%8DA%20AL EJANDRA%20%20-%20B101506.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Harman, G. (2000). Myths and dogmas of biocontrol: Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Disease*, 84(4), 393. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.4.377>
- Hernández, J. (2024). Manejo de estrés abiotico en fresa. *SMEAP*. <https://smeapmexico.org/manejo-de-estres-abiotico-en-fresa/>
- Huwasquiche, L., Ccori, T., Alejandro, L., Cántaro-Segura, H., Samaniego, T., & Solórzano, R. (2024). Interaction between *Trichoderma* sp., *Pseudomonas putida*, and two organic amendments on the yield and quality of strawberries (*Fragaria* × *ananassa* cv. San Andreas) in the Huaral Region, Peru. *Applied Microbiology*, 4(3), 1123. <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol4030075>
- Lombardi, N., Caira, S., Troise, A., Scaloni, A., Vitaglione, P., Vinale, F., Marra, R., Salzano, A., Lorito, M., & Woo, S. (2020). *Trichoderma* applications on strawberry plants modulate the physiological processes positively affecting fruit production and quality. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1364. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01364>
- López, R., Calderón, G., Alvarado, H., Jaen-Contreras, D., & Vaquera, H. (2020). Producción y acumulación de materia seca en fresa (*Fragaria* x *ananassa* DUNCH.) con sustratos con metam sodio y micorrizas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(4), 379. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.4.379>
- López-Bucio, J., Pelagio-Flores, R., & Herrera-Estrella, A. (2015). *Trichoderma* as biostimulant: Exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus.



Scientia Horticulturae, 196(109), 123. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.043>

Maher, K. (2021). *Efficacy of selected PGPR and Trichoderma species in the control of soil-borne diseases and growth promotion of strawberry plants (Fragaria × ananassa)* [Tesis de maestría]. Universidad Politécnica de Cartagena.

Martínez de la Cruz, S., González-Fuentes, J., Robledo-Olivo, A., Mendoza-Villarreal, R., Hernández-Pérez, A., Dávila-Medina, M., & Alvarado-Camarillo, D. (2022). Humic substances and rhizobacteria enhance the yield, physiology and quality of strawberries. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(1), 12578. <https://doi.org/10.15835/nbha50112578>

Mendoza, D. (2016). *Control de ácaros mediante la aplicación de Bacillus subtilis en el cultivo de fresa (Fragaria vesca)* [Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24013/1/Tesis-138%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20427.pdf>

Nakielska, M., Feledyn-Szewczyk, B., Berbec, A., & Frac, M. (2024). Microbial biopreparations and their impact on organic strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) yields and fungal infestation. *Sustainability*, 16(17), 7559. <https://doi.org/10.3390/su16177559>

Ñahuinlla, M. (2018). *Optimización del protocolo de micropropagación in vitro con cuatro cultivares de fresa (Fragaria x ananassa Dunch.)* [Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3102/%C3%B1ahuinlla-arone-monica-endalencia.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Olivera, J. (2012). *Cultivo de fresa (Fragaria x ananassa Duch.)* (Primera Edición). https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/752/1/Olivera-Cultivo_de_Fresa.pdf

Paymaneh, Z., Sarcheshmepour, M., Mohammadi, H., & Hesni, M. (2023). Vermicompost and/or compost and arbuscular mycorrhizal fungi are conducive to



- improving the growth of pistachio seedlings to drought stress. *Applied Soil Ecology*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104717>
- Quispe, J. (2017). *Influencia de dos abonos orgánicos inoculados con Trichocastle (Trichoderma harzianum, Trichoderma viride y Trichoderma virens) en el cultivo de fresa Fragaria spp. Variedad Camarosa en el distrito de Oxapapa* [Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/689/1/TESIS%20.pdf>
- Samuels, G. (2006). Trichoderma: Systematics, the sexual state, and ecology. *Phytopathology*, 96(2), 206. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0195>
- Sánchez, Y. (2015). *Caracterización morfológica y productiva de selecciones avanzadas de fresa (Fragaria x ananass Dunch.)* [Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/2056/FAPJ-M-2015-1562.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Soria, L. (2012). *Calidad y rendimiento de fresa inoculada con hongos Micorrízicos Arbusculares* [Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán]. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12270/SORIA%20MART%c3%8dNEZ%20LORENA%20FABIOLA%20-%20B101499.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Strik, B., Dixon, E., Detweiler, A., Chernoh, E., & Sanchez, N. (2020). Growing strawberries in your home arden. *Catalogo de Extensión OSU*, 1, 22. <https://extension.oregonstate.edu/sites/extd8/files/catalog/auto/EC1307.pdf>
- UPOV. (2008). *Caracteres utilizados en la descripción de las fichas varietales de la fresa* (Plataforma de Conocimiento para el Medio Rural Y Pesquero). <https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/Docs/Caracteres%20Fresa.pdf>
- Yang, R., Qin, Z., Wang, J., Zhang, X., Xu, S., Zhao, W., & Huang, Z. (2022). The interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and Trichoderma longibrachiatum enhance maize growth and modulate root metabolome under increasing soil salinity. *Microorganisms*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/microorganisms10051042>



Zhang, S. (2019). Mechanisms of the IAA and ACC-deaminase producing strain of *Trichoderma longibrachiatum* T6 in enhancing wheat seedling tolerance to NaCl stress. *BMC Plant Biology*, 19(22). <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1618-5>

ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis estadístico

Tabla 17

Comparación de medias de Tukey para diámetro de fruto de fresa en mm

Tricot	Micos	Diam_fru	std	r	ste	se	min	max	sig
T0	M0	36.33	0.56	3	0.32	0.57	35.72	36.83	b
T0	M3	39.66	2.02	3	1.16	0.57	37.42	41.34	a
T0	M6	40.38	0.61	3	0.35	0.57	39.68	40.75	a
T0	M9	40.57	0.38	3	0.22	0.57	40.27	41.00	a
T3	M0	39.68	0.24	3	0.14	0.57	39.48	39.95	a
T3	M3	41.01	0.49	3	0.28	0.57	40.52	41.49	a
T3	M6	41.84	1.23	3	0.71	0.57	40.66	43.12	a
T3	M9	40.16	1.02	3	0.59	0.57	39.22	41.25	a
T6	M0	40.83	2.25	3	1.30	0.57	39.43	43.42	a
T6	M3	40.59	0.26	3	0.15	0.57	40.42	40.89	a
T6	M6	40.43	0.52	3	0.3	0.57	39.83	40.81	a
T6	M9	40.48	0.62	3	0.36	0.57	39.81	41.02	a
T9	M0	39.07	1.11	3	0.64	0.57	37.88	40.07	ab
T9	M3	41.04	0.41	3	0.24	0.57	40.75	41.51	a
T9	M6	41.35	0.72	3	0.42	0.57	40.62	42.06	a
T9	M9	41.66	0.98	3	0.57	0.57	40.62	42.57	a



Tabla 18

Comparación de medias de Tukey para longitud de fruto de fresa en mm

Tricot	Micos	Long_fru	std	r	ste	se	min	max	sig
T0	M0	47.14	0.16	3	0.09	0.7	46.97	47.29	b
T0	M3	51.01	1.64	3	0.95	0.7	49.13	52.14	a
T0	M6	52.19	0.36	3	0.21	0.7	51.78	52.47	a
T0	M9	52.40	0.5	3	0.29	0.7	51.86	52.86	a
T3	M0	50.90	0.28	3	0.16	0.7	50.6	51.14	a
T3	M3	53.97	2.44	3	1.41	0.7	51.92	56.67	a
T3	M6	52.85	0.42	3	0.24	0.7	52.37	53.14	a
T3	M9	51.63	2.12	3	1.23	0.7	50.14	54.06	a
T6	M0	51.70	1.38	3	0.80	0.7	50.38	53.14	a
T6	M3	52.37	1.10	3	0.64	0.7	51.17	53.33	a
T6	M6	52.20	0.23	3	0.14	0.7	52.05	52.47	a
T6	M9	51.61	0.87	3	0.50	0.7	51.08	52.61	a
T9	M0	50.41	0.97	3	0.56	0.7	49.41	51.35	ab
T9	M3	52.28	0.57	3	0.33	0.7	51.81	52.92	a
T9	M6	52.88	1.49	3	0.86	0.7	51.26	54.18	a
T9	M9	53.52	1.24	3	0.72	0.7	52.32	54.80	a



Tabla 19

Comparación de medias de Tukey para altura de planta en cm

Tricot	Micos	Alt_planta	std	r	ste	se	min	max	sig
T0	M0	19.17	0.68	3	0.39	0.95	18.4	19.7	a
T0	M3	22.40	2.26	3	1.31	0.95	19.8	23.9	a
T0	M6	21.97	2.94	3	1.70	0.95	18.6	24.0	a
T0	M9	22.17	2.50	3	1.44	0.95	19.6	24.6	a
T3	M0	19.23	2.29	3	1.32	0.95	16.6	20.8	a
T3	M3	22.33	4.42	3	2.55	0.95	17.7	26.5	a
T3	M6	20.17	0.83	3	0.48	0.95	19.5	21.1	a
T3	M9	21.53	2.89	3	1.67	0.95	18.2	23.4	a
T6	M0	20.70	3.39	3	1.96	0.95	16.8	22.9	a
T6	M3	20.60	3.11	3	1.80	0.95	17.9	24.0	a
T6	M6	19.57	2.00	3	1.16	0.95	17.3	21.1	a
T6	M9	21.27	3.55	3	2.05	0.95	18.1	25.1	a
T9	M0	19.23	2.29	3	1.32	0.95	16.6	20.7	a
T9	M3	18.73	2.15	3	1.24	0.95	16.9	21.1	a
T9	M6	19.87	0.32	3	0.19	0.95	19.5	20.1	a
T9	M9	20.63	2.25	3	1.30	0.95	19.0	23.2	a



Tabla 20

Comparación de medias de Tukey para peso de fruto de fresa en g

Tricot	Micos	Peso_fru	std	r	ste	se	min	max	sig
T0	M0	17.25	0.24	3	0.14	0.59	16.98	17.42	b
T0	M3	21.08	1.92	3	1.11	0.59	18.96	22.7	a
T0	M6	21.94	0.87	3	0.5	0.59	21.13	22.86	a
T0	M9	21.76	0.80	3	0.46	0.59	21.13	22.66	a
T3	M0	20.92	0.43	3	0.25	0.59	20.42	21.19	a
T3	M3	22.88	1.04	3	0.6	0.59	22.26	24.08	a
T3	M6	22.48	0.80	3	0.46	0.59	21.76	23.35	a
T3	M9	21.65	1.28	3	0.74	0.59	20.81	23.12	a
T6	M0	21.36	1.95	3	1.12	0.59	19.33	23.21	a
T6	M3	22.07	0.86	3	0.5	0.59	21.13	22.83	a
T6	M6	22.18	0.37	3	0.21	0.59	21.76	22.42	a
T6	M9	22.31	0.83	3	0.48	0.59	21.83	23.27	a
T9	M0	20.35	1.06	3	0.61	0.59	19.16	21.2	a
T9	M3	22.33	0.71	3	0.41	0.59	21.71	23.11	a
T9	M6	22.79	1.27	3	0.73	0.59	21.49	24.02	a
T9	M9	23.16	0.75	3	0.43	0.59	22.55	23.99	a



Tabla 21

Comparación de medias de Tukey para número de frutos por planta

Tricot	Micos	Nro_fru	std	r	ste	se	min	max	sig
T0	M0	51.00	21.57	3	12.45	8.36	26.33	66.33	a
T0	M3	75.00	30.66	3	17.70	8.36	40.67	99.67	a
T0	M6	76.11	24.28	3	14.02	8.36	49.33	96.67	a
T0	M9	87.67	35.85	3	20.70	8.36	52.33	124.00	a
T3	M0	70.11	20.42	3	11.79	8.36	46.67	84.00	a
T3	M3	82.56	29.51	3	17.04	8.36	52.67	111.67	a
T3	M6	83.22	22.61	3	13.05	8.36	58.00	101.67	a
T3	M9	78.22	7.57	3	4.37	8.36	71.33	86.33	a
T6	M0	71.33	14.15	3	8.17	8.36	63.00	87.67	a
T6	M3	87.89	23.34	3	13.47	8.36	66.33	112.67	a
T6	M6	72.00	10.34	3	5.97	8.36	64.00	83.67	a
T6	M9	83.44	8.66	3	5.00	8.36	74.00	91.00	a
T9	M0	67.11	8.31	3	4.80	8.36	57.67	73.33	a
T9	M3	82.45	6.77	3	3.91	8.36	74.67	87.00	a
T9	M6	84.89	3.47	3	2.00	8.36	81.00	87.67	a
T9	M9	84.78	4.95	3	2.86	8.36	79.33	89.00	a



Tabla 22

Comparación de medias de Tukey para Rendimiento de fresa en kg/ha

Tricot	Micos	Rend/Ha	std	r	ste	se	min	max	sig
T0	M0	4918.37	2065.90	3	1193	1198	2568.3	6448.4	a
T0	M3	9043.51	4143.90	3	2392	1198	4316.9	12052	a
T0	M6	9424.19	3314.10	3	1913	1198	5838.1	12374	a
T0	M9	10762.36	4738.60	3	2736	1198	6298.5	15735	a
T3	M0	8245.26	2532.70	3	1462	1198	5337.4	9969.2	a
T3	M3	10676.10	4247.10	3	2452	1198	6580.7	15060	a
T3	M6	10540.74	3175.80	3	1834.0	1198	7066.8	13295	a
T3	M9	9514.50	1468.00	3	847.6	1198	8395.6	11177	a
T6	M0	8614.79	2434.30	3	1405.0	1198	6854.1	11393	a
T6	M3	10932.32	3293.50	3	1902.0	1198	7847.8	14401	a
T6	M6	8953.11	1380.20	3	796.8	1198	7799.0	10482	a
T6	M9	10433.20	1200.70	3	693.2	1198	9046.8	11131	a
T9	M0	7680.22	1323.10	3	763.9	1198	6186.3	8704.2	a
T9	M3	10291.57	543.36	3	313.7	1198	9664.9	10632	a
T9	M6	10848.88	968.47	3	559.1	1198	9747.9	11569	a
T9	M9	10999.09	853.42	3	492.7	1198	10016	11553	a

Anexo 2. Panel fotográfico



Plantines de fresa
cv. San Andreas
para trasplante en
el área de
investigación



Distanciamiento
de los hoyos de la
cobertura plástica
con disposición en
tres bolillos.



Camellones de cultivo de fresa con plantines instalados y sus correspondientes letreros indicando su tratamiento.



Plantas de fresa en pleno desarrollo con cobertura plástica



Campo experimental con riego por goteo instalado



Productos utilizados Tricot y Micoss para la dosificación.



Crecimiento del fruto de fresa durante 10 días desde la floración hasta la cosecha del fruto, variedad San Andreas.

		<p>Planta de fresa con su primer fruto y demás frutos en crecimiento progresivo.</p> <p>Cosecha semanal de frutos de una unidad experimental.</p>
	<p>Transporte de la cosecha semanal de fresas de cada unidad experimental de la variedad San Andreas.</p>	



Anexo 3. Declaración jurada de Autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Abel Pedro Hanceo Puma
identificado con DNI 73592669 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Agronómica

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" Efecto de Trichoderma spp. y Micorrizas, En el
rendimiento del fruto de fresa cv. San Andreas En
la Irrigación La Joya Arequipa. "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 22 de Setiembre del 2025

FIRMA (obligatoria)



Huella



Anexo 4. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Abel Pedro Hanco Puma
identificado con DNI 73592669 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Agronomica

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" Efecto de Trichoderma spp. y Micorrizas, En el rendimiento del fruto de fresa cv. San Andreas En la Irrigación la Joya Arequipa. "

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 22 de Setiembre del 2025

FIRMA (obligatoria)



Huella