

INTRODUCCIÓN

Introducción

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es uno de los cultivos hortícolas más importantes a nivel mundial tanto por su valor nutricional como económico. Pertenecer a la familia Solanaceae y es originario de América, donde fue domesticado y posteriormente introducido a Europa en el siglo XVI. Actualmente, el tomate se cultiva en una amplia gama de climas y sistemas de producción, desde campo abierto hasta invernaderos tecnificados.

Este cultivo es una fuente rica de vitaminas A, C y licopeno, un antioxidante natural con beneficios asociados a la prevención de enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Giovannucci, 1999).

En Bolivia, el cultivo del tomate tiene importancia no sólo como alimento de consumo de masivo, sino también por la elevada demanda económica que genera; además, proporciona mano de obra a una gran cantidad de trabajadores estacionales del campo. Crea y fomenta el empleo de otras ramas de la actividad económica, como el transporte, y empresas que se dedican a la venta de insumos. Huanca (2011)

Según datos del INE (2023) el rendimiento de la producción del tomate en Bolivia se registra con 16.187 (kilogramos por hectárea.) con una superficie de 5.766 hectáreas también se destacan las zonas más productoras según (SIIP) En los departamentos que se destacan por el cultivo de tomate Santa Cruz 41% con una superficie de 2.638 hectáreas, teniendo un rendimiento del año (2022-2023) de 14.482 kilogramos por hectárea, Cochabamba 35%, con una superficie de 1.446, teniendo un rendimiento del año (2022-2023) 16.187 kilogramos por hectárea, son los de mayor producción, respectivamente, luego están Tarija (9%), con una superficie de 607 hectáreas teniendo un rendimiento del año (2022- 2023) 16.187 kilogramos por hectárea, Chuquisaca (7%), con una superficie de 118 hectáreas, teniendo un rendimiento del año (2022-2023) 10.255 kilogramos por hectárea, La Paz (6%), con una superficie de 810 hectáreas, teniendo un rendimiento del año (2022-2023) de 16.446 kilogramos por hectárea se encuentra entre los de mayor producción.

Según. (INE 2017) la producción del tomate en el año agrícola 2015-2016 fue de 61.531 toneladas y la importación del mismo alcanzó a 6.943 toneladas, es decir que se importa 11,28% de lo que se produce, por cada 100 toneladas de tomates producidos se importan 11.

El *Fusarium* spp. es un patógeno que afecta raíces, tallos y semillas de plantas en condiciones de alta humedad y temperaturas elevadas que son típicas de la zona de Chocloca de la provincia Uriondo de Tarija. Este patógeno puede transmitirse por semillas y sobrevivir en restos vegetales en el suelo, siendo difícil de controlar. Forma diferentes esporas que afectan varios cultivos y así pueden reducir significativamente los rendimientos agrícolas y afectar la calidad de los productos y también bajar la rentabilidad.

En nuestro trabajo se utilizó *Trichoderma* spp. Que es un hongo benéfico ampliamente utilizado en la agricultura para el control biológico de patógenos como *Fusarium*, este microorganismo actúa de diferentes formas para proteger los cultivos, haciendo competencia por nutrientes.

JUSTIFICACIÓN

La Importancia de la identificación y manejo de *Fusarium* en variedades de tomate constituyen un aspecto de relevancia primordial en la comunidad de San Antonio de Chocloca, dada la amenaza que representa este hongo para la productividad agrícola. *Fusarium*, como patógeno fúngico, puede provocar daños considerables en la calidad y rendimiento de los cultivos de tomate. En este contexto, se llevó a cabo el estudio para evaluar la eficacia de los agentes biológicos *Trichoderma* y químico Acronis en el control de la infección por *Fusarium* en cinco genotipos de tomate característicos de la región.

Lo principal de esta investigación fue determinar la capacidad de estos agentes para controlar la propagación de *Fusarium* y controlar la influencia negativa en la producción de tomate. Para ello, se utilizó ensayos de campo y se efectuará un análisis detallado de los resultados obtenidos en cada uno de los genotipos examinados.

PROBLEMA

El cultivo de tomate en San Antonio de Chocloca enfrenta el desafío del hongo *Fusarium spp.*, que causa la Fusariosis y afecta al rendimiento en la producción del tomate afectando desde raíces con el posterior marchitamiento y muerte de la planta causando daño en todas las etapas de crecimiento, influyendo en el rendimiento y calidad del fruto y también subiendo el costo de producción.

Con esta investigación se buscó reducir la mortandad de las plantas, mejorar los rendimientos en la producción, reducir el número de aplicaciones fitosanitarias y por ende el costo de producción del cultivo de tomate en Chocloca.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la eficiencia de los productos Trichoderma y acronis para el control de *Fusarium spp*, en cinco variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) atreves de parámetros agronómicos del cultivo en la Comunidad de Chocloca.

Objetivos Específicos

- Verificar a través de laboratorio la presencia de *Fusarium* en el cultivo de tomate, a través de muestreos al azar en el ensayo.
- Analizar la incidencia en % y severidad en grados de la enfermedad en las cinco variedades de tomate.
- Realizar una evaluación económica en base al Índice Beneficio/ Costo.

HIPÓTESIS

Se presenta diferencia significativa en el control de *Fusarium*, aplicando tratamientos con Trichoderma y Acronis.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Origen

El tomate tiene su centro de origen en América del Sur, en el área comprendida entre los andes peruanos y ecuatorianos, desde el Sur de Colombia al Norte de Chile y desde la costa del Pacífico (incluidas las islas Galápagos) a las estribaciones orientales de los Andes, comprendiendo los países de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. Fue en México donde se domesticó, quizá porque crecería como mala hierba entre los huertos Esquinas, (1995); citado Garat (2019).

1.2. Taxonomía del tomate

Reino: Vegetal

Phylum: Telemophytae

División: Tracheophytae

Sub división: Anthophyta

Clase: Angiospermae

Sub clase: Dicotyledoneae

Grado Evolutivo: Metachlamydeae

Grupo de Ordenes: Tetraciclicos

Orden: Polemoniales

Familia: Solanaceae

Nombre científico: *Lycopersicon esculentum* Mill.

Nombre común: Tomate

Fuente: Herbario Universitario (T.B.), (2024)

1.2.1. Características botánicas del tomate

1.2.2. Semilla

Las semillas en el tomate fisiológicamente maduro se encuentran rodeadas de un material gelatinoso que normalmente llena las celdas de la fruta las semillas, las cuales son velludas, de forma achatada y ovalada, y de un color crema a marrón claro. La semilla usualmente tiene una longitud de 1/16 a 1/8 pulgada. En cuanto a su peso, una onza de semilla puede contener de 7,000 a 12,000 semilla (Fornaris ,2007).

1.2.3. Raíz

Es pivotante fibrosa, está constituida por la raíz principal, las raíces secundarias y las adventicias. Las raíces laterales como las adventicias se desarrollan horizontalmente, haciendo que el tomate tenga un sistema radical muy extenso, esto sucede cuando la siembra es directa; cuando los cultivos son establecidos por trasplante poseen raíces superficiales y ramificadas; la mayor parte de los pelos absorbentes se encuentran a los 20 ó 30 cm de profundidad (Manual Técnico del Cultivo de Tomate, 2002).

1.2.4. Tallo

Los tallos son ligeramente angulosos, de grosor mediano y con presencia de tricomas (pilosidades) simples y glandulares que salen de la epidermis, este tallo sale las hojas en disposición alterna. A lo largo del tallo se forman los nudos (abultamientos visibles), de donde surgirán las hojas. A pesar de la naturaleza semileñosa del tallo, este es delgado y no puede mantenerse verticalmente. La planta está cubierta de pelos glandulares que le confieren un aspecto pubescente. Los pelos, cuando caen, segregan un líquido verdoso de olor característico Gorini, (2018) citado por (Paxi, 2019).

1.2.5. Hoja

Son compuestas e imparipinnadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo. (Baudoin, 2017)

1.2.6. Flor

La flor es simétrica, regular e hipógina con 5 o más sépalos e igual número de pétalos, estos presentan un color amarillo. Los estambres quedan unidos lateralmente, formando un cono estaminal que envuelve al gineceo. El gineceo porta un óvulo bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias y se unen al tallo por medio de un pedicelo, que contiene la zona de abscisión. Esta se distingue al ser un engrosamiento con un pequeño surco originado debido a la reducción del espesor del córtex (Martínez, 2025).

1.2.7. Fruto

La fruta es una baya carnosa, dividida en su interior en dos a 18 lóculos o celdas (cinco a 10 celdas en los cultivares comerciales del tipo de fruta grande). Presenta una variación en tamaño entre cultivares desde $\frac{1}{2}$ hasta seis pulgadas de diámetro. La superficie de la fruta es lisa o lobulada, y brillante al madurar. La fruta bien joven presenta en su superficie una leve vellosidad que luego desaparece. Su forma usualmente es globosa o deprimida en uno de los extremos (oblada), pero existen las de forma casi cuadrada, alargada, ovalada, en forma de pera (piriforme) o variantes de las formas antes mencionadas (Fornaris, 2017)

1.3. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

1.3.1. Temperatura

Temperaturas del cultivo de tomate. Efectos en la planta Temperatura (°C) el tomate requiere una luminosidad de 8 a 16 horas luz al día

La planta hiela a -2°C

Detiene su desarrollo 10°C – 12°C

Desarrollo normal de la planta 18°C – 25°C

Mayor desarrollo de la planta 21°C – 24°C

Germinación optima 25°C – 30°C|

Temperaturas óptimas

Desarrollo Diurna 23°C – 26°C

Nocturna 13°C – 16°C

Floración Diurna 23°C – 26°C

Nocturna 15°C – 18°C

Maduración 15°C – 22°C

Fuente: (Guzman,2017)

1.3.2. Humedad Relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo de tomate oscila entre 65 - 70 %; dentro de este rango se favorece el desarrollo normal de la polinización, garantizando así una buena producción (Chemonics, 2008)

1.3.3. Suelo

La rusticidad de la planta de tomate, permite que sea poco exigente a las condiciones de suelo. Sin embargo, debe tener un buen drenaje. De aquí la importancia de un suelo con alto contenido de materia orgánica. En suelos arcillosos y arenosos se desarrolla con un mínimo de 40 cm de profundidad. En cuanto al pH de suelo, el óptimo debe oscilar entre 6 y 6,5 para que la planta se desarrolle y disponga de nutrientes adecuadamente. Los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligera a medianamente alcalinos (Martínez, 2007)

1.4. Preparación del terreno

1.4.1. Arado

La preparación del terreno para el cultivo de tomate debe iniciarse un par de semanas antes de trasplantar los plantones. Al arar a una profundidad de 60 cm (23,6 pulgadas) tras eliminar la maleza y los residuos previos de otros cultivos, los agricultores mejoran el drenaje y la aireación del suelo. Una semana después, los agricultores suelen aplicar abono previo a la plantación, como estiércol envejecido o fertilizante sintético (Cherlinka,2023)

1.4.3. Encamado

Es la última práctica de la preparación de suelo y consiste en formar la cama donde se trasplantará el tomate. El objetivo es levantar las camas por lo menos de 25 a 40 cm., y se dejan de 0.8 a 1.0 mt. de ancho superior, distanciadas a 1.5 mt. de centro a centro de cama. Ventajas culturales del encamado: facilita la aplicación de herbicidas de contacto, facilita el trasplante, facilita la limpieza a mano, evita la compactación de la cama al momento del laboreo, facilita la cosecha (Chemonis, 2008).

1.5 Siembra en bandejas

1.5.1. Sustrato

Comprende la selección, preparación del sustrato y llenado de contenedores. En esta etapa se deben determinar los niveles de nutrientes, el pH y la concentración de sales del sustrato, expresada mediante conductividad eléctrica (CE), para así hacer las correcciones pertinentes. El pH debe oscilar entre 5,0 y 6,5. El nivel de sales varía dependiendo de las cantidades de fertilizantes en la mezcla. Es aceptable una conductividad eléctrica de 1,0 a 2,0 dS/m-1. En la preparación, el sustrato se debe desmenuzar muy bien y garantizar un humedecimiento homogéneo. Para el llenado de los contenedores se recomienda llenar por completo las celdas y evitar la compactación del sustrato (Pulido et al, 2013).

1.5.2. Almacigo en bandejas de alvéolos

Según Villarroel (2010), en busca de optimizar al máximo la germinación de las semillas, es que se empiezan a emplear bandejas sintéticas de alvéolos para la siembra y desarrollo de plantines.

El método consiste en:

1. Llenar los alvéolos o huecos de las bandejas con sustrato desinfectado o esterilizado previamente humedecido a capacidad de campo, al momento del llenado.
2. Se debe realizar una ligera compactación al sustrato, para evitar la erosión de este durante los riegos posteriores a la siembra.

3. Luego se procede a la apertura de hoyitos en medio de cada alvéolo, donde se coloca la semilla una por una, en cada hoyo.
4. Inmediatamente a la siembra, se procede al tapado de la semilla con el mismo sustrato, preferentemente tamizado.
5. Posteriormente, se aplica un riego para que el sustrato haga pleno contacto con la semilla; mientras ocurre el proceso de germinación, el sustrato deberá mantenerse en humedad constante, con el fin de lograr una germinación uniforme y más precoz.
6. Para evitar riegos constantes, es recomendable mantener las bandejas en plena sombra hasta el inicio de la emergencia.
7. Finalmente, se debe colocar semi-sombra hasta que dicha emergencia alcance su totalidad, para luego recién exponer los plantines a la luz plena del sol para su endurecimiento definitivo hasta el momento del trasplante.

1.5.3. Trasplante

Para realizar el trasplante es importante que las plántulas hayan desarrollado entre 3 a 5 hojas verdaderas. El momento más adecuado para efectuar el trasplante es en horas de la tarde para evitar el estrés de las plántulas. La distancia entre plantas depende de la época de siembra (lluviosa-verano). La densidad de siembra utilizada en verano suele ser de 0,40 m entre plantas y 1,5 m entre lomillos, mientras que, en la época lluviosa, la distancia suele aumentarse unos cuantos cm para propiciar la aireación entre plantas y disminuir la incidencia de enfermedades (Quirós, 2022).

1.5.4. Riego

La frecuencia de riego en caso de inundación varía entre 7 y 15 días de acuerdo con las condiciones del ambiente. Cuando se riega por goteo, no es necesario “asurcar” el terreno, y la frecuencia de riego es de 1 a 3 días, con dosis de 1 a 3 litros por planta y día Rodríguez R. et al. (1997) citado por Solano (2021).

1.6. Control de malezas

Las malezas son el enemigo número uno de los cultivos, ya que dentro del lote causan competencia por luz, agua y nutrientes. Además de eso, son hospederas de plagas y enfermedades que afectan al cultivo. Es importante manejar sin malezas en el cultivo; para esto es necesaria la implementación temprana de las prácticas básicas que incluye una excelente mecanización 30 días antes de la siembra ya que en los suelos de altura no hay coyolillo. Además, permite instalar un sistema de riego para pre germinar malezas y hacer el control de la maleza existente con el herbicida adecuado. Esto permite entrar a la siembra libre de malezas, garantizando que el cultivo estará por lo menos 20 días libre de malezas logrando formar una buena cobertura antes de que las malezas comiencen a competir con él USAID (2008) citado por (Polo, 2014).

1.7. Entutorado

El INTA (1999), indica que según Polo (2014) documenta que se usan seis tipos de tutorado, que dependen del sistema de siembra que se utilice, entre los cuales podemos mencionar: estaca individual o tutores independientes para cada planta, colgado o armado de un tendido con alambre galvanizado, estacas de madera y cabuyas de propileno para el amarre correspondiente, tutorado de espaldera, este se construye colocándose estacas cada 3 metros a las cuales se le ponen un tendido de nylon cada 30cm de altura; y el tutorado de caballete se construye similar al de espaldera, con la diferencia de que este último se unen un par de estacas las cuales forman una V invertida.

1.8. Fertilización

Rothman (2010) indica que según Aguirre (2014), posteriormente al análisis de suelo y con el conocimiento de la extracción que hace el cultivo según la tasa de crecimiento y las condiciones propias de cada suelo, se efectuaran las recomendaciones de fertilización, generalmente el P se aplica antes del trasplante junto con la mitad de la dosis de K el N se aplica a lo largo del ciclo del cultivo de acuerdo a la tasa de absorción, a través del riego (fertirrigacion). La absorción de los nutrientes en los primeros 1.5 – 2 meses de cultivo hasta cuajado de los primeros frutos es de 15% y desde esta etapa a fin de cultivo absorbe el restante 85%.

1.9. Control de plagas y Enfermedades

1.9.1. Hongos

Tizón temprano del tomate

Localización tallo, hoja, fruto.

Síntomas y signos

Inicialmente, se forman pequeñas manchas oscuras en el follaje más viejo cerca del suelo. Las manchas de las hojas son redondas, marrones y pueden crecer hasta 1/2 pulgada de diámetro. Los puntos más grandes tienen anillos concéntricos en forma de diana. El tejido alrededor de las manchas a menudo se vuelve amarillo. Las hojas gravemente infectadas se vuelven marrones y se caen, o las hojas secas y muertas pueden adherirse al tallo. Los tallos de las plántulas están infectados en la línea del suelo o justo por encima de ella. El tallo se vuelve marrón, hundido y seco (pudrición del cuello). Si la infección rodea el tallo, la plántula se marchita y muere. Las infecciones del tallo en plantas más viejas son áreas de color marrón seco, de forma ovalada a irregular, con anillos concéntricos de color marrón oscuro. La fruta puede infectarse en cualquier etapa de madurez. Las manchas frutales son coriáceas y negras, con crestas concéntricas elevadas. Generalmente se encuentran cerca del tallo. Los frutos infectados pueden caer de la planta (Schuh, 2014).

Manejo Seleccionar y plantar cultivares resistentes. Utilizar semilla certificada que garantice que no lleva el patógeno (previo a sembrar, tratar la semilla con algún fungicida). Al momento del trasplante eliminar plantas enfermas o con síntomas de la enfermedad, fungicidas de contacto que mejor efecto de control tienen son el clorotalonil, mancozeb e hidróxido de cobre; de los fungicidas sistémicos, el boscalid, tebuconazol, azoxystrobin, trifloxistrobin y pyraclostrobin son los que se reportan para el control de *A. solani* (Gómez, 2011)

1.9.2. Botrytis cinérea Moho Gris

Síntomas en las hojas se desarrollan lesiones necróticas en forma de V, desde los márgenes hacia el interior de la lámina. Se cubren del típico moho grisáceo del hongo,

posteriormente se marchitan y mueren. La pudrición de frutos comienza con una invasión primaria del cáliz o pistilo, que progresa durante el desarrollo del fruto. Además, a través de grietas o picaduras de insectos, los frutos pueden ser atacados, dando lugar a una podredumbre que progresa rápidamente, originando un área con un margen definido y de color verdegrisáceo, y con abundante micelio y conidias del hongo de color gris, hasta que todo el fruto queda afectado. En condiciones de alta humedad prolongada se produce necrosis de flores y una cuaja deficiente. El hongo sobrevive en el suelo en forma de esclerocios (estructuras de resistencia ante condiciones ambientales adversas) o asociado a restos de tejidos enfermos de tomate u otros cultivos o malezas (Vásquez, 2022)

Manejo retirar las partes afectadas, regular la temperatura y la humedad dentro del invernadero, aplicar fungicidas Carbendazim, Cyprodynil+Fludioxonil Azoxistrobina (Obregon 2014)

1.9.3. *Fusarium* sp

Localización de la enfermedad

Raíz, cuello, tallo y semilla

Condiciones predisponentes

Las enfermedades causadas por *Fusarium* spp. pueden ser muy agresivas en climas húmedos; en las zonas donde la humedad es baja, la infección la causa casi de manera exclusiva el inóculo presente en residuos de cereales infectados que permanecen en el suelo. El patógeno invade directamente la base de los tallos, cerca o debajo de la superficie del suelo, o entra a la planta a través de las raíces. Las esporas de hongos luego germinan en el área afectada (herida), favorecida por la alta humedad y temperaturas (FICHA TÉCNICA, 2015)

Síntomas y signos

amarillamiento en hojas, los tallos pierden turgencia y pueden “colgarse”. Al hacer un corte transversal o longitudinal del tallo se pueden apreciarán manchas que van de color marrones oscuro a café, pudiendo haber tonalidades moradas o rosadas, esto es debido

a que es un patógeno que coloniza el sistema vascular. Antes de que la planta madure hay amarillamiento y marchitez de hojas, afectando el desarrollo normal de frutos y el desarrollo general de la planta (Medina, 2022)

Aspectos generales de *Fusarium oxysporum*

Conidióforos. Es la zona de la hifa fértil simple o ramificada que soporta la célula conidiógena. Células conidiógenas. Son fiálides simples o ramificadas, a menudo finas y afiladas o con forma de botella. Las esporas pueden salir de un sólo orificio (monofiálides) o de varios (polifiálides). Conidias. Son inmóviles y de reproducción asexual. No todas las especies producen todos los tipos de conidias. Hay varios tipos:

Macroconidias, Se producen en sucesión basipetal a partir de las monofiálides. También pueden ser producidas en esporodoquias, que pueden tener monofiálides o polifiálides. En ocasiones recuerdan a un racimo de plátanos. Su morfología es la clave de la identificación de las distintas especies, ya que su forma es relativamente constante y estable cuando el hongo crece en sustratos naturales y condiciones estándar.

Microconidias, son pequeñas, generalmente unicelulares y con forma variable (ovoides, elipsoidales, subglobosas, piriformes, etc.). Ocasionalmente tienen un tabique y la base puede ser redondeada, apiculada o truncada. Se producen en el micelio aéreo a partir de monofiálides o polifiálides. Se pueden ver aisladas, en masas o en cadenas. La forma en la que son producidas se observa mejor en un medio con sustrato natural como el agar-clavel. Clamidosporas, se originan por modificación de un segmento de la hifa. Tienen pared gruesa, lisa o rugosa. Se observan aisladas, en parejas, en grupos o en cadenas. Son formas de resistencia ante ambientes adversos que garantizan la propagación y supervivencia del hongo. Mesoconidias. Son otro tipo de conidias que tienen forma y tamaño similar a las macroconidias pero les falta la célula basal en forma de pie. Pueden ser rectas. Se producen siempre en polifiálides y son individuales. Nunca forman masas mucosas. Esporodoquia. Es una masa de conidióforos cortos y estrechamente ramificados que nacen directamente de una maraña de hifas. Se producen más frecuentemente en la naturaleza que en los cultivos de laboratorio. Esclerotia. Es una masa de células dura (difícil de aplastar entre porta y

cubre) e inactiva bajo condiciones ambientales desfavorables. Estroma. Es una estructura vegetativa compacta dentro de la que se desarrollan cuerpos de fructificación (Monzón, 2001)

Manejo

- Semilla certificada
- Evitar terrenos de alto riesgo
- Eliminación de inóculo en el suelo
- Uso de agentes de biocontrol
- Uso de variedades resistentes
- Prácticas culturales como:
 - Eliminar restos del cultivo anterior
 - Control de malezas
 - Rotación de cultivos con plantas no hospederas
 - Reducir la cantidad de nitrógeno aplicado durante el otoño
 - Aplicación de tratamiento a la semilla (químico y/o biológico)
 - Propiciar un buen drenaje del suelo, evitar encharcamientos
 - Correcto programa de fertilización (evitar déficit nutrimentales y excesos)
 - Inoculación de organismo benéficos como *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp.
 - Rotación de productos químico (fungicidas) revisar que los productos estén autorizados (Medina, 2022)

1.9.4. Mosca Blanca

Las ninfas y adultos perforan las células del follaje y succionan la savia de los tejidos vegetales, ocasionando daños directos. Los síntomas varían según la cepa, edad de la planta y el medio ambiente, y pueden ir como manchas amarillas, moteados, clorosis, hojas, deformación, enanismo y caída de flores. La importancia de Mosca blanca radica

principalmente en que es el vector de varios virus que pueden ser catastróficos para la producción (Manual, 2021)

Control biológico

La chinche saltona o cirtopeltis, es uno de los enemigos naturales más efectivos para el control de la mosca blanca en tomate, así como de otras plagas, ya que también se alimenta de trips, araña roja y huevos de Tuta. Puede ser muy interesante realizar las sueltas de Nesidiocoris antes del trasplante en el vivero para que el insecto comience a alimentarse desde el primer momento. Hay que tener en cuenta, sin embargo, este insecto cuando alcanza poblaciones muy altas se alimentará del propio cultivo pudiendo producir en algunos casos, daños de no demasiada importancia (Coello, 2020)

Control químico

Los productos reguladores del crecimiento como el buprofecín o el teflubenzurón se utilizan para el control químico, pues además de presentar aceptables niveles de eficacia, respetan los enemigos naturales. Estos productos pueden ser alternados con el empleo de endosulfán (organoclorado estimulante del sistema nervioso central de los insectos que produce convulsiones) es un producto de poca selectividad, pero muy efectivo para utilizar con moderación priorizando situaciones extremas de ataque de moscas blancas; asimismo, un buen tratamiento puede ser la rotación de insecticidas biorracionales para la reducción de ninfas y adultos de mosca blanca con insecticidas como imidacloprid, deltametrina, spiromesifen, spirotetramat, dinotefuran, pyriproxifen y buprofezin (Bedford, 2020)

1.9.5. Cosecha

El proceso de maduración de las frutas avanza si las condiciones de temperatura son favorables; el avance de la maduración posterior a la cosecha se denomina climaterio, siendo el tomate una de las frutas que más se caracteriza en la realización de este proceso, situación que permite establecer los puntos de cosecha de acuerdo a la distancia del mercado consumidor Para entregar un producto maduro y de buena

calidad al consumidor, primero se debe considerar la distancia del mercado y en base a esto, establecer el momento oportuno de la cosecha. Una vez realizada la cosecha, se lleva a cabo la preparación del producto, teniendo en cuenta los indicadores del mercado en cuanto a calidad, para que el consumidor lo pueda identificar con mucha facilidad, cuidando también otros aspectos, como tipo de embalaje y temperatura de conservación. Coloración: es el aspecto que mayormente puede variar; puede ser el mejor indicador para medir el grado de la maduración; la coloración se inicia en la parte apical de la fruta y el grado de maduración se determina mediante la proporción que existe entre la superficie con coloración en relación a la superficie total de la fruta. - Maduración media: cuando la fruta presenta de 30 a 70 % de coloración; - Maduración plena: de 70 - 98 %; - Maduración completa: con 100 % de coloración (Vásquez, 2022)

1.10. Trichoderma

Trichoderma spp., tiene diversas ventajas como agente de control biológico, pues posee un rápido crecimiento y desarrollo. Aparte de esto produce una gran cantidad de enzimas, inducibles con la presencia de hongos fitopatógenos. Puede desarrollarse en una amplia gama de sustratos, lo cual facilita su producción masiva para uso en la agricultura. Su gran tolerancia a condiciones ambientales extremas y a hábitats donde los hongos causan enfermedades, le permiten ser un eficiente bio-agente de control. De igual forma, puede sobrevivir en medios con contenidos significativos de agro defensivos y otros químicos. Aparte, su gran variabilidad se constituye en un reservorio de posibilidades de control biológico, bajo diferentes sistemas de producción y cultivo (IICA, 2015)

Mecanismo de acción Micoparasitismo

Este hongo *Trichoderma* spp. tiene la capacidad de tomar los nutrientes de los hongos patógenos; compite con ellos o los degrada. También se alimenta de los materiales orgánicos, degradándolos. Por ello, las incorporaciones de materia orgánica y compost favorecen su establecimiento en el suelo. El hongo requiere de humedad para poder germinar. Además, tiene una velocidad bastante alta de crecimiento, por lo que es capaz de establecerse en el suelo y controlar enfermedades que afectan a los cultivos. Se

aplica por primera vez de 6 kg/ha (dosis inundativa). En las siguientes aplicaciones (dosis inoculativa) se utiliza de 1 a 3 kg/ha. Para enfermedades de follaje, se aplica cada dos a cuatro semanas, para enfermedades de raíz, se aplica semanal o quincenalmente, En sitios donde hay infección, se puede, en caso que el producto está disponible en el mercado de insumos agrícolas, aplicar el producto granulado y posteriormente se irriga (IICA, 2015)

Entre los principales beneficios de *Trichoderma* spp. se encuentran los siguientes:

Uno de los principales beneficios de *Trichoderma* en la agricultura es su papel en el biocontrol. Las especies de *Trichoderma* son conocidas por su capacidad para suprimir y controlar patógenos vegetales, incluidos hongos, bacterias y virus. Lo logran a través de varios mecanismos, como el micoparasitismo, donde *Trichoderma* ataca y consume hongos patógenos directamente, la competencia por el espacio y los nutrientes, limitando así los recursos disponibles para los patógenos, y la producción de antibióticos que inhiben el crecimiento de los competidores. Esta capacidad de biocontrol convierte a *Trichoderma* en una alternativa eficaz y respetuosa con el medio ambiente a los fungicidas y pesticidas químicos, reduciendo la dependencia de insumos sintéticos y mitigando sus impactos ambientales negativos (Briseno, 2024)

1.11. Acronis Top

Fungicida sistémico para tratamiento de semillas

Composición

FIPRONI: 5-amino-1-(2,6-dicloro-a,a,a-trifluoro-p
toly)4trifluoromethylsulfinylpyrazole-3-carbonitrile Thiophanate methyl:dimethyl
4,4-(o-phenylene) bis (3 thioallophanate)

PYRACLOSTROBIN: methyl(2-(1-(4-chlorophenyl) pyrazol-3
yloxymethyl)(methoxy)carbamate

Manejo y resistencia de hongos recomendaciones actualizadas de manejo de resistencia del FRAC (Comité de resistencia a Fungicidas) cualquier agente de control de enfermedades puede perder efectividad a lo largo del tiempo debido a la resistencia. El momento de resistencia a Fungicidas FRAC recomienda las siguientes las siguientes estrategias de manejo de resistencia visando prolongar la vida útil de los Fungicidas.

Cualquier producto para control de enfermedades de la misma clase o del mismo modo de acción no debe ser utilizado en aplicaciones consecutivas para el control del mismo patógeno en el ciclo del cultivo.

Utilizar solo las dosis recomendadas en la etiqueta.

Siempre consultar con un Ingeniero Agrónomo para la orientación sobre las recomendaciones locales para el manejo de resistencia.

CAPITULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

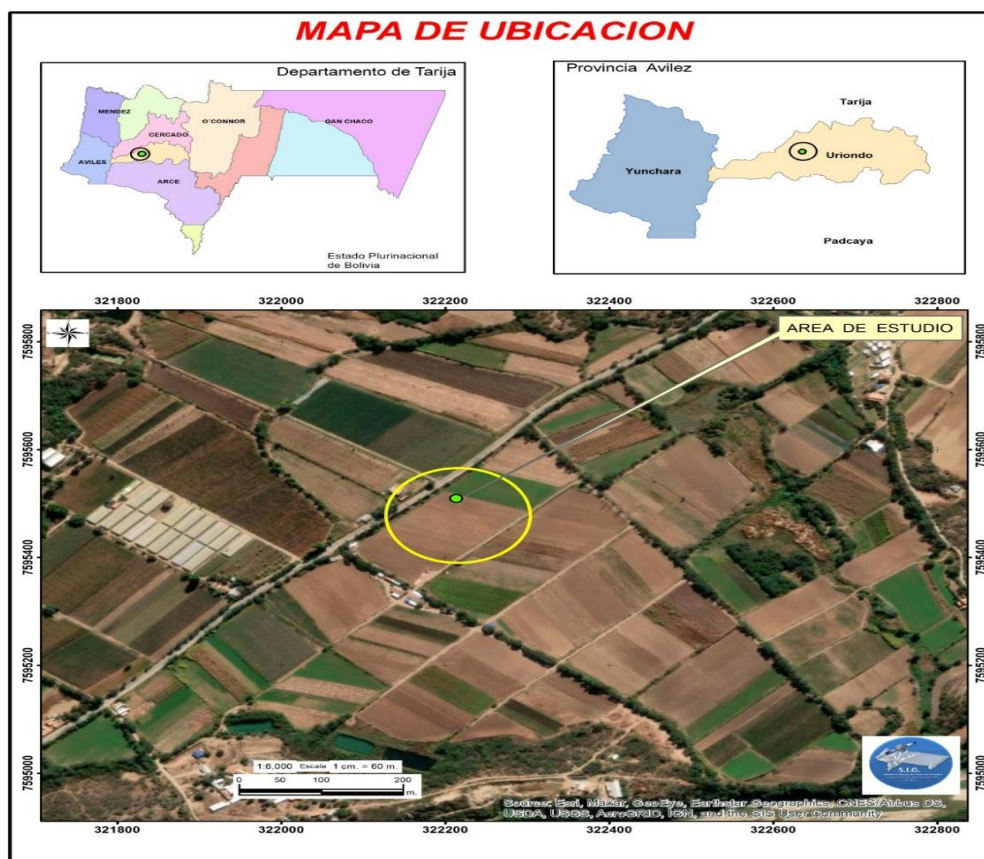
2. Localización

El presente trabajo se realizó en la comunidad de San Antonio Chocloca provincia Avilés ubicada al Sur Oeste, del departamento de Tarija, Bolivia situada a 38 Km de la ciudad capital.

2.1 Ubicación

Se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas de -21.724027 latitud sur y -64.718169 longitud Oeste, con una elevación de 1809.548 msnm. precisión 4.2m.

Figura 1. Macro y micro localización del estudio



2.2. Características Agroclimáticas

2.2.1. Clima

El clima de Chocloca se caracteriza por un clima templado semiárido con temperaturas bajas. Esto corresponde a los valles de la cordillera oriental (valle central de Tarija, valle de la concepción, Padcaya, San Lorenzo) con temperaturas medias anuales entre 13 y 18°C (SENAMI 2012).

2.2.1. Temperatura

Cuadro 1: resumen climatológico

RESUMEN CLIMATOLOGICO. (PERIODO CONSIDERADO:		
ESTACION: CHOCLOCA	PROVINCIA AVILEZ DTO TARIJA	
Índice		Promedio anual
Temp. Max. Media	°C	25.89882051
Temp. Min. Media	°C	9.657760065
Temp. Media	°C	17.77829029
Temp.Max.Extr.	°C	39.5
Temp.Min.Extr.	°C	-8.5
Dias con Helada		29.14285714
Humed. Relativa	%	67.661306
Nubosidad Media	Octas	3.828702655
Insolación Media	Hrs	6.699365537
Evapo. Media	mm/dia	4.337802696
Precipitación	mm	657.7511568
Pp. Max. Diaria	mm	165
Dias con Lluvia		64.23559511
Velocidad del viento	km/hr	7.920842588
Dirección del viento		E

Fuente: (S.E.N.A.M.I. 2015)

2.2.2. Cultivos hortícolas

Cuadro 2:cultivos de hortícolas

CULTIVO ANUAL		
nombre común	nombre científico	familia
Papa	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Solanaceae
Arveja	<i>Pisum sativum</i> L.	Leguminosae
Pimenton	<i>Capsicum annuum</i> L. var. annuum	Solanaceae
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i> L.	Leguminosae
Tomate	<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill	Solanaceae
Pimenton	<i>Capsicum annuum</i> L. var. annuum	Solanaceae

Fuente: (Herbario Universitario (T.B.), 2024).

2.2.3. Cultivos frutales

Cuadro 3:cultivos frutícolas

CULTIVOS FRUTALES		
Nombre común	nombre científico	familia
Duraznero	<i>Prunus persica</i> (L.)Batsch	Leguminose
Nogal	<i>juglans regia</i> L.	Juglandaceae
Higuera	<i>Ficus carica</i> L.	Moraceae
Manzano	<i>Malus domestica</i> Borkh	Rosaceae
Vid	<i>Vitis vinifera</i> L.	Vitaceae

Fuente: (Herbario Universitario (T.B.), 2024).

2.2.4. Vegetación arbórea, nativa de la zona

Cuadro 4: Vegetación arbórea nativa de la zona

VEGETACION ARBOREA, NATIVA DE LA ZONA		
nombre común	nombre científico	familia
Churqui	<i>Acacia caven</i> (Molina) Molina	Leguminosae
Algarrobo	<i>Prosopis</i> sp.	Leguminosae
Sauce	<i>Salix</i> sp.	Salicaceae
Molle	<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i> sp.	Myrtaceae
Chañar	<i>Geoffroea decorticans</i> (Gill. ex Hook. & Arn.) Burkart	Leguminosae

Fuente: (Herbario Universitario (T.B.), 2024)

2.3. MATERIALES

2.3.1. Material vegetal Variedades de tomate

Variedad 1: 112b-12-7= Variedad Nacional de INIAF

Variedad 2: Lía = Variedad Nacional de INIAF

Variedad 3: L-17 = Variedad Nacional de INIAF

Variedad 4: Rio Grande = Variedad Nacional de INIAF

Variedad 5: avto-1007= Variedad Nacional de INIAF

2.3.3. Material de campo

Muestra de suelo

Envoltura plástica

Etiquetas

Palas

Mulshi

Cinta de riego

Wincha

Postes

Alambre

Cinta de amarre

Tablero

2.3.4. Material de escritorio

Calculadora

Tablero

Computadora

Cuaderno

Lápiz

2.3.5. Material de laboratorio

Balanza

Calibrador

Muestra vegetal para laboratorio

2.4. Metodología

2.4.1. Diseño experimental

El diseño que se implementó en este trabajo de investigación fue en bloques al azar con arreglo bifactorial (5x3) con quince tratamientos y tres repeticiones con un total de cuarenta y cinco unidades experimentales.

Los grupos de datos se sometieron a un Análisis de varianza con una prueba de comparación de medias de Tukey con un valor de $P < 0.5$.

$$\%CV = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{x}} \times 100$$

Donde

%CV=porcentaje de coeficiente de variación

CME= Cuadrado Medio Error

X= Media

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (gl)	Cuadrado Medio (CM)	Estadístico F	Valor p
Factor(es)	SCFactor	glFactor	CMFactor=glFactorSCFactor	F=CMEErrorCMFactor	p
Error (Residual)	SCError	glError	CMEError=glErrorSCError		
Total	SCTotal	glTotal			

2.4.2. Factores

Cuadro 5:Factores

FACTORES	NIVELES	TRATAMIENTOS	Nº DE REPLICAS	Nº DE UNIDADES EXPERIMENTALES
VARIEDAD	5	15	3	45
PRODUCTOS	3			

2.4.3. Factor Variedades

V1= 112-12-7

V2= Lia

V3= Rio Grande

V4= L-17

V5= Avto- 1007

2.4.4. Factor Productos

Trichoderma

Acronis

Testigo

2.4.5. Tratamientos

T1 = V1 TR (112-12-7 Y TRICHODERMA)

T2= V1 AC (112-12-7 Y ACRONIS)

T3= V1 TE (112-12-7 Y TESTIGO)

T4 = V2 TR (LIA Y TRICHODERMA)

T5 = V2 AC (LIA Y ACRONIS)

T6 = V2 TE (LIA Y TESTIGO)

T7 = V3 TR (RIO GRANDE Y TRICHODERMA)

T8 = V3 AC (RIO GRANDE Y ACRONIS)

T9 = V3 TE (RIO GRANDE Y TESTIGO)

T10 = V4 TR (L-17 Y TRICHODERMA)

T11 = V4 AC (L-17 Y ACRONIS)

T12 = V4 TE (L-17 Y TESTIGO)

T13 = V5 TR (AVTO- 1007 Y TRICHODERMA)

T14 = V5 AC (AVTO-1007 Y ACRONIS)

T15 = V5 TE (AVTO-1007 Y TESTIGO)

2.4.6. Descripción de tratamientos

T1 = V1 TR (112-12-7 Y TRICHODERMA) el tratamiento 1 con la semilla de la variedad 1 (112-12-7) con la aplicación de Trichoderma producto Biológico se aplicó de 20 ml por 10 litros de agua para 234 m², esta aplicación se realizó a los 15, 30 y 60 días.

T2= V1 AC (112-12-7 Y ACRONIS) el tratamiento 2 con la semilla de la variedad 1 (112-12-7) con la aplicación de Acronis producto químico se aplicó de 20 ml por 10 litros de agua para 234m², esta aplicación se realizó a los 15,30 y 60 días.

T3= V1 TE (112-12-7 Y TESTIGO) Tratamiento 3 con la semilla de la variedad 1 (112-12-7) se ha realizado sin ningún tratamiento.

T4 = V2 TR (LIA Y TRICHODERMA) el tratamiento 4 con la semilla de la variedad 2 Lía con la aplicación de Trichoderma producto biológico se aplicó de 20 ml por 10 litros de agua para 234 m², esta aplicación se realizó a los 15 días después del trasplante a los 30 y 60 días.

T5 = V2 AC (LIA Y ACRONIS) el tratamiento 5 con la semilla de la variedad 2 Lía con la aplicación de Acronis producto químico se aplicó de 20 ml por 10 litros de agua para 234 m², esta aplicación se realizó a los 15 días después del trasplante a los 30 y 60 días.

T6= V2 TE (LIA Y TESTIGO) El tratamiento 6 con la semilla de la variedad 2 Lía y Testigo se ha realizado sin ningún producto.

T7= V3 TR (RIO GRANDE Y TRICHODERMA) el tratamiento 7 con la semilla de la variedad 3 Rio Grande con la aplicación de Trichoderma producto biológico de 20 ml por 10 litros de agua para 234 m², esta aplicación se realizó a los 15, 30 y 60 días.

T8= V3 AC (RIO GRANDE Y ACRONIS) el tratamiento 8 con la semilla de la variedad 3 Rio Grande con la aplicación de Acronis producto químico se aplicó de 20 ml por 10 litros de agua para 234 m², esta aplicación se realizó a los 15, 30 y 60 días.

T9= V3 TE (RIO GRANDE Y TESTIGO) El tratamiento 9 con la variedad 3 con semilla de la variedad Rio Grande y Testigo se ha realizado sin ningún producto.

T10= V4 TR (L-17 Y TRICHODERMA) el tratamiento 10 con la semilla de la variedad 4 (L-17) con la aplicación de Trichoderma producto biológico de 20 ml por 10 litros de agua para 234 m², esta aplicación se realizó a los 15 días después del trasplante a los 30 y 60 días.

T11= V4 AC (L-17 Y ACRONIS) el tratamiento 11 con la semilla de la variedad 4 (L-17) con la aplicación de Acronis producto químico con la aplicación de 20 ml por 10 litros de agua para 234m², esta aplicación se realizó a los 15 días después del trasplante a los 30 y 60 días.

T12= V4 TE (L-17 Y TESTIGO) El tratamiento 12 con semilla de la variedad 4 L-17 y Testigo se ha realizado sin ningún producto.

T13= V5 TR (AVTO- 1007 Y TRICHODERMA) el tratamiento 13 con la variedad 5 (Avto 1007) con la aplicación de Trichoderma producto biológico de 20 ml por 10 litros de agua para 234 m², esta aplicación se realizó a los 15 días después del trasplante a los 30y 60 días.

T14= V5 AC (AVTO-1007 Y ACRONIS) el tratamiento 13 con la variedad 5 (Avto 1007) con la aplicación de Acronis producto químico de 20 ml por 10 litros de agua para 234 m², esta aplicación se realizó a los 15 días después del trasplante a los 30 y 60 días.

T15= V5 TE (AVTO-1007 Y TESTIGO) El tratamiento 15 con semilla de la variedad 5 (Avto-1007) y Testigo se ha realizado sin ningún producto.

2.4.7. Descripción de la unidad experimental

Número total de experimentos:15

Número de repeticiones:3

Longitud: 90 m.

Ancho: 7.8 m

Área total del estudio: 702 m²

2.4.8. Bloques

Número de bloques: 3

Largo de bloque: 30m

Ancho de bloque: 7.8m

2.4.9. Parcelas

Número de parcelas por bloque:15

Largo de las parcelas: 6m

Ancho de la parcela: 60.cm

Distancia entre parcelas: 1.50 m

Número de plantas por parcela: 18 plantas

Distancia entre plantas: 0.35 m

2.4.10. Croquis del diseño experimental

Cuadro 6:croquis del diseño experimental

BLOQUE 1					BLOQUE 2					BLOQUE 3				
T6 (LIA TESTIGO)	T8 (RIO GRANDE Y ACRONIS)	T5 (LIA ACRONIS)	T14 (AVTO-1007 Y ACRONIS)	T15 (AVTO-1007 Y TESTIGO)	T14 (AVTO-1007 Y ACRONIS)	T6 (LIA TESTIGO)	T9 (RIO GRANDE Y TESTIGO)	T11 (L-17 Y ACRONIS)	T12 (L-17 Y TESTIGO)	T15 (AVTO-1007 Y TESTIGO)	T6 (LIA TESTIGO)	T2 (112-12-7 Y ACRONIS)	T12 (L-17 Y TESTIGO)	T10 (L-17 Y TRICHODERM A)
T10 (L-17 Y TRICHODERM A)	T9 (RIO GRANDE Y TESTIGO)	T1 (112-12-7 Y TRICHODERM A)	T13 (AVTO-1007 Y TRICHODERM A)	T3 (112-12-7 Y TESTIGO)	T8 RIO GRANDE ACRONIS)	T5 (LIA Y ACRONIS)	T7 (RIO GRANDE Y TRICHODERM A)	T15 (AVTO-1007 Y TESTIGO)	T2 (112-12-7 Y ACRONIS)	T1 (112-12-7 Y TRICHODERM A)	T9 (RIO GRANDE Y TESTIGO)	T14 (AVTO-1007 Y ACRONIS)	T3 (112-12-7 Y TESTIGO)	T5 LIA Y ACRONIS)
T7 (RIO GRANDE Y TRICHODERM A)	T2 (112-12-7 Y ACRONIS)	T11 (L-17 Y ACRONIS)	T4 (LIA Y TRICHODERM A)	T12 (L-17 Y TESTIGO)	T3 (112-12-7 Y TESTIGO)	T1 (112-12-7 Y TRICHODERM A)	T13 (AVTO-1007 Y TRICHODERM A)	T4 (LIA Y TRICHODERM A)	T10 (L-17 Y TRICHODERM A)	T11 (L-17 Y ACRONIS)	T8 (RIO GRANDE Y ACRONIS)	T4 (LIA Y TRICHODERM A)	T7 (RIO GRANDE Y TRICHODERM A)	T13 (AVTO-1007 Y TRICHODERM A)

90 metros

7.8 m

2.5. Desarrollo del cultivo

2.5.1. Desinfección del sustrato

El desinfectado del sustrato se realizó 6 días antes del sembrado de las semillas se desinfectó con Bravonil 30 ml. para una mochila dejando reposar durante 6 días tapado con nylon removiendo el sustrato todos los días.

2.5.2. Almacigo

Se realizó el 8 de septiembre, la preparación del sustrato se procedió a humedecer para llenar las bandejas de 128 alveolos con el sustrato humedecido dejando un espacio de aproximadamente 1 cm hasta el borde se hizo un pequeño hoyuelo al sustrato con el dedo, colocamos una semilla de tomate en cada hoyo de todas las bandejas utilizadas y se cubrió con una capa fina de sustrato, se regó cuidadosamente sin encharcar, se colocó las bandejas en un lugar cálido tapando las bandejas con pasto para que mantenga su calor durante la noche, con temperatura de 20 a 25°C manteniendo el sustrato húmedo durante la germinación, una vez que las plántulas desarrolladas 2 pares de hojas verdaderas es hora de trasplantarla.

2.5.3. Riego

El riego a los plantines se realizó cada 1-2 veces por día, dependiendo de la temperatura, la humedad ambiental. En este caso se utilizó una regadera.

2.5.4. Arado del terreno

El arado del terreno se realizó 25 de octubre días antes de la plantación esto se realiza con la finalidad de que ayuda a desmenuzar el suelo, lo que mejora la aireación y permite que las raíces del tomate respiren y absorban mejor los nutrientes y el agua, suelo bien aireado también facilita el drenaje del agua, lo que ayuda a prevenir el encharcamiento y la pudrición de la raíz. La profundidad del arado para el tomate suele ser de 20 a 30 cm.

2.5.5. Rastreado del terreno

El rastreado del terreno se realizó 30 de octubre días antes de la plantación esta práctica agrícola consiste en nivelar y afinar el suelo, creando surcos o hileras donde se plantaron las plántulas de tomate.

2.5.6. Encamado

El encamado se realizó 3 de noviembre 2 días antes de la plantación utilizando una encamadora elevando el nivel del suelo en el área donde se va a plantar el tomate,

creando una especie de cama o surco elevado que es de 20 cm con un ancho de 0.60 m con una distancia de camellón a camellón de aproximadamente 1.50 m.

2.5.7. Colocado de la cinta de goteo

Se colocó el día 4 de noviembre la cinta de riego a la tubería principal esta pasa por la mitad de cada camellón utilizando los conectores adecuados la distancia de goteros en la cinta son de 0.10 m.

2.5.8. Colocado de Mulch

Se colocó el 4 de noviembre una capa de material de plástico que se extendió sobre el encamado armado tensando bien evitando dejar aire, se realizó en el momento donde el sol estaba lo más radiante ya que esto ayuda a tensar bien el plástico, se lo tensa sobre el suelo alrededor del camellón, se va estirando y tapando los extremos para quede convenientemente colocado esto se colocó con el fin de proteger las raíces, conservar la humedad, controlar las malezas, regular la temperatura del suelo y mejorar la estructura del suelo.

2.5.9. Hoyado y quemado de mulch

Se realizó en día 5 de noviembre con una lata que se calentó con las brasas el cual solo con tocar el nylon se cortará a una distancia de 0.35 m. de planta a planta.

2.5.10. Riego

Una vez que todo está instalado se realizó un riego previo al suelo antes de trasplantar.

2.5.11. Trasplante

Se realizó el trasplante del día 5 de noviembre de año 2024 se trasplantó los plantines cuando tenían aproximadamente 1 mes de edad, han desarrollado un tallo fuerte, dos pares de hojas verdaderas y una altura de 10 a 15 cm. El trasplante se realizó por la tarde cuando el sol bajo, con el suelo húmedo se realizó un hoyo con un punzón a 6 cm de profundidad, se comenzó a trasplantar a una distancia de planta a planta de 35 cm, al terminar la plantación se volvió a regar.

2.5.12. Fertilización

La fertilización se realizó tomando en cuenta los resultados del análisis de suelo tomados antes de la preparación del terreno. La toma de la muestra para el mismo se realizó el método del zig zag a una profundidad de 30 cm, obteniendo una muestra de 1 kilogramo, la misma fue enviada al laboratorio del INIAF a Cochabamba.

Cuadro 7:Fertilización

PARÁMETRO		VALOR	UNIDAD	INTERPRETACIÓN
Ph		7,65		Ligeramente alcalino.
Conductividad Electrica (CE).		0,4	mmhos/cm	Bajo nivel de sales.
Potasio (k)		97,8	mg/Kg o pmm	Bajo.
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).		8,5	m.eq/100gr	Moderadamente baja.
Materia orgánica (MO)		1,853	%	Bajo.
Nitrógeno (N)		0,087	%	Bajo.
Fósforo (P)		1,87	mg/Kg o pmm	muy Bajo.
Densidad Aparente (Da).		1,4	Kg/l	Moderadamente compactado.
Textura	Arena	70	%	suelo franco arenoso. Buen drenaje, pero baja retención. Requiere manejo eficiente del riego y fertilización.

De acuerdo a los resultados del análisis de suelo obtenido se realizó una ligera aplicación de materia orgánica como la gallinaza echando una bolsa de 20kg por cada surco de 90 metros, y para el nitrógeno, fósforo y potasio se aplicó 59,5 kg de N, 25 kg de P y 68 kg de K para los 702 m² que se tiene de parcela. ya que según (Torrez, 2017), para tener una producción de 160 toneladas de tomate por hectárea se tiene que aplicar 416kg de N/ha., 80 kg de P/ha y 624 kg de K/ha.

2.5.13. Control fitosanitario

Para el control fitosanitario del *Fusarium* se realizó una evaluación periódicamente, y por la sintomatología que presentaron las plantas, donde la evaluación que se realizó antes y después de cada aplicación de los productos trichoderma y acronis.

Donde la primera evaluación y aplicación de los productos trichoderma y acronis fue 15 días después de la plantación.

La segunda evaluación y aplicación de trichoderma y acronis será 30 días después del trasplante.

La tercera evaluación y aplicación de trichoderma y acronis se realizó a los 60 días después del trasplante.

2.5.14. Tutorado

El tutorado se realizó el 25 de diciembre cuando se presentan flores del tomate, cuando estas alcanzan una altura de 45 a 55 cm; el sistema de tutorado con madera de eucalipto redondas cilíndricas, de 1.60 metros para lo cual se sujetará con alambre 1.5 m.

2.5.15. Control de malezas

El deshierbe del cultivo de tomate se realizó en tres oportunidades, y también se removió el suelo en cada deshierbe, para evitar la competencia de nutrientes del cultivo con las malezas y el trabajo se realizó de forma manual.

2.5.16. Área de cosecha

Figura 2: área de cosecha

P/P= 0.35 m.

S/S=1.50 m.

$$P/ha = \frac{10.000m.}{1.50 \times 0.35}$$

$$P/ha = \frac{10.000m^2}{0.525}$$

$$P/ha = 19.047$$

Área de cosecha

$$A = 1.50m$$

$$Ac = 1,50 \times 5.60$$

$$Ac = 8.4m^2$$

El área de cosecha de cada parcela de 6m con 18 plantas a una distancia de planta a planta de 35 cm, se cosechó 16 plantas por parcela dejando dos plantas de bordura.

2.5.17. Cosecha

La cosecha de los tomates se empezó el 25 de enero de 2025, de forma manual y ordenada y codificada en las canastillas llamadas sicas, teniendo mucho cuidado para no dañar el fruto, se cortó con una tijera de podar, la cosecha se comenzó a los 60 días y se terminó en 120 días después de la siembra.

2.6. Variables a evaluar

2.6.1 Incidencia

Para la evaluación del porcentaje de incidencia se tomó en cuenta el total de plantas infectadas por parcela detectando los síntomas característicos de la enfermedad causada por el hongo *Fusarium* spp. Realizando un monitoreo en los meses de 20 de noviembre, 15 de diciembre primera floración, 31 de enero segunda floración febrero.

Se utilizo la siguiente ecuación para medir incidencia:

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{Total de plantas con plaga y/o enfermedad}}{\text{Total de plantas evaluadas}} * 100$$

Cuadro 8: Evaluación de incidencia

EVALUACION DE LA INCIDENCIA	TRATAMIENTOS								
	15 DIAS DDT			1RA FLORACION			2DA FLORACION		
T1 = V1 TR (112-12-7 Y TRICHODERMA)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025
T2= V1 AC (112-12-7 Y ACRONIS)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025
T3= V1 TE (112-12-7 Y TESTIGO)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025
T4 = V2 TR (LIA Y TRICHODERMA)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025
T5 = V2 AC (LIA Y ACRONIS)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025
T6 = V2 TE (LIA Y TESTIGO)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025
T7 = V3 TR (RIO GRANDE Y TRICHODERMA)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025
T8 = V3 AC (RIO GRANDE Y ACRONIS)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025
T9 = V3 TE (RIO GRANDE Y TESTIGO)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025
T10 = V4 TR (L-17 Y TRICHODERMA)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025
T11 = V4 AC (L-17 Y ACRONIS)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025
T12 = V4 TE (L-17 Y TESTIGO)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025
T13 = V5 TR (AVTO- 1007 Y TRICHODERMA)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025
T14 = V5 AC (AVTO-1007 Y ACRONIS)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025
T15 = V5 TE (AVTO-1007 Y TESTIGO)	20/11/2024	20/11/2024	20/11/2024	15/12/2024	15/12/2024	15/12/2024	01/01/2025	01/01/2025	01/01/2025

2.6.2 Severidad

Para la evaluación de la severidad de los daños causados por el hongo *Fusarium* spp. se realizó de forma visual utilizando la tabla N°9 de grados propuesta por: (Schoonhoven et.,al 1987) en cada unidad experimental en las fechas 20, de noviembre 15 de diciembre y 1° de enero.

Cuadro 9: grados para la evaluación de severidad para el hongo *Fusarium* spp.

0	no hay sintomas
1	de 1 a 3 hojas con decoloracion ligera sin lesiones necroticas o con el 10% de follaje marchito, clorotico de raiz cubierta con lesiones
2	marchitez al 25% de follaje marchito y la raiz estan cubiertas con lesiones, con decoloracion fuerte aunque los tejido esten fuertes
3	marchitez moderada 50% marchites y clorosis de raices cubiertas con lesiones que recombian con hablandamiento pudriccion y reduccion considerable del sistema radical
4	marchitez severa 75% o mas de marchitez y clorosis de raices afectadas por estados avanzados de pudriccion en combinacion con una reduccion severa del sistema radical
5	100 % marchitez total o muerte de la planta

Fuente: (Schoonhoven et., al 1987)

2.6.3. Índice beneficio costo

El análisis económico se realizó en función a los costos de producción (incluye todos los gastos efectuados en el cultivo), los ingresos obtenidos a partir del precio de venta en el mercado local y las utilidades correspondientes, expresadas en Bs/Ha.

Se realizó el cálculo de costos de producción de tomate, para cada uno de los tratamientos.

Se calculó los ingresos de acuerdo a los rendimientos de cada tratamiento.

Se realizó el análisis beneficio/costo. Esta operación consiste en dividir el beneficio del producto por el costo de producción.

Esta relación B/C (beneficio/costo) indica que:

$B/C > 1$ Existe ganancia económica

$B/C = 1$ Equilibrio, es decir no hay pérdida ni ganancia

$B/C < 1$ Existe pérdida económica

Se realizó el análisis beneficio costo que es fundamental para evaluar la viabilidad económica, desde el suelo, semillas, riego, productos utilizados mano de obra y maquinaria, de acuerdo a la información precisa que se tomó en campo durante y después de la investigación.

El rendimiento evaluó 16 plantas por parcela utilizando de la fórmula de muestreo, dichas plantas se cosecharon luego se contó cuantos frutos se produce por planta y se procedió pesar en una balanza electrónica para que los datos que se obtengan sean en gramos, se convirtió en kilogramos por hectárea también fueron clasificados por categoría de acuerdo a las exigencias del mercado basándose en el tamaño y color del fruto.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. identificación visual de los síntomas del *Fusarium* spp en el cultivo de tomate

Diagnostico presuntivo de las plantas por los síntomas marchitamiento, raíz con lesiones necróticas se tuvo un diagnóstico presuntivo de la enfermedad lo cual se sacó la muestra para ver en laboratorio y se pudo identificar presencia de *Fusarium* spp en el cultivo de tomate.

Figura 3:plantas con síntomas de *Fusarium* spp.



Fotos de plantas identificadas en la parcela para ser evaluadas y llevadas a laboratorio posteriormente

Figura 4: plantas con diagnóstico de *Fusarium* spp para ser observadas en microscopio.



Figura 5: Identificación de los signos del *Fusarium* spp.



Imagen de microscopio

Se puede identificar el agente causal el *Fusarium* spp. en laboratorio, se observó que la estructura del hongo, está compuesta por macroconidios curvados, fusiformes y pluriseptados, con una célula apical puntiaguda con (cono aplanado), Microconidios abundantes.

3.1. Incidencia

Cuadro 10: Incidencia del *Fusarium* spp. en % a los 15 días después del trasplante

TRATAMIENTOS	REPETECIONES				
	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1:V1-TRI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T2:V1-ACR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T3:V1-TES	0.00	12.50	0.00	12.50	4.17
T4:V2-TRI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T5:V2-ACR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T6:V2-TES	25.00	6.25	12.50	43.75	14.58
T7:V3-TRI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T8:V3-ACR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T9:V3-TES	6.30	12.50	18.75	37.55	12.52
T10V4-TRI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T11:V4-ACR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T12:V4-TES	18.80	0.00	25.00	43.80	14.60
T13:V5-TRI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T14:V5-ACR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T15:V5-TES	12.50	0.00	6.25	18.75	6.25

El cuadro 10 indica los promedios obtenidos en cada tratamiento estos datos se obtuvieron teniendo en cuenta los síntomas característicos de la enfermedad en estudio, contando cuantas plantas infectadas por parcela y estas divididas por el número total de planta, se observa que el tratamiento T6, T9, T12 son los más afectados ya que presenta más plantas con incidencia, seguido por T3 Y T15 presentan un porcentaje menor. Los tratamientos V1-TRI, V1-ACR, V2-TRI, V2ACR, V3TRI, V3-ACR, V4-TRI V4-ACR V5-TRI, V5-ACR, V5-TRI, no mostraron incidencia de la enfermedad en este periodo de tiempo.

Cuadro 11: Análisis de varianza para la incidencia a los 15 días después del trasplante.

Cuadro ANVA

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA	"F"	
					5%	1%
FACTOR "A" Variedad	4	95.69	23.92	0.92 NS	2.71	4.07
FACTOR "B" Productos	2	1086.46	543.23	20.87 **	3.34	5.45
INTERACCIÓN "A" x "B"	8	191.39	23.92	0.92 NS	2.29	3.23
ERROR	30	781.05	26.03			
TOTAL	46	2154.59	46.84			

Para la fuente de variación del (factor A) Variedad a un nivel de significancia del 5% y el 1% se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa ya que la ($F_c < F_t$) esto indica que no existe diferencias significativas (ns).

En la fuente de variación del (factor B) productos a un nivel de significancia del 5% y 1% se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa ya que la ($F_c > F_t$) esto indica que entre los productos (factor B); existe diferencia altamente significativa (**)

En la fuente de variación de interacción a un nivel de significancia del 5% y 1%, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa ya que la ($F_c < F_t$); esto indica que la interacción es no significativa (ns).

Cuadro 12: Resultados de la prueba de tukey para factor B (productos) de la incidencia del *Fusarium* spp. a los 15 días después del trasplante en las plantas de tomate.

PRODUCTOS		RANGO
P3 TESTIGO	10.42	a
P1 TRICHODERMA	0.00	b
P2 ACRONIS	0.00	b

En el cuadro N° 12 resultado de la prueba de tukey se puede observar que el resultado de la tabla de comparación de medias el factor B (productos), P3 testigo presenta diferencia estadística con P2 y P1. Pero los productos P1 y P2 no presentan diferencias estadísticas entre ellos.

Los resultados sugieren que la elección del producto fitosanitario es un factor determinante en el manejo temprano del *Fusarium spp.* en tomate, mientras que la variedad utilizada y la interacción con los productos no tienen un efecto significativo a los 15 días después del trasplante. Además, ciertas combinaciones producto-variedad podrían ofrecer una protección efectiva.

Según Harman (2000) Indica que el género *Trichoderma* está catalogado entre los agentes de control biológico más eficientes debido al amplio espectro antagonista que presentan; las enzimas extracelulares que producen con actividad antibiótica, el micoparasitismo y la por la habilidad de incrementar el desarrollo y crecimiento de las plantas, entre otros mecanismos de acción. Al igual que otros agentes biológicos de control, *Trichoderma* puede ser abrumado por una fuerte presión de la enfermedad, por lo tanto, estos antagonistas deberán utilizarse estrictamente como una medida preventiva.

Cuadro 13: porcentaje de Incidencia del *Fusarium* spp. en % a los 30 dias después del trasplante.

ATAMIENT	REPETECIONES				
	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1:V1-TRI	12.50	12.50	6.30	31.30	10.43
T2:V1-ACR	6.25	6.30	6.30	18.85	6.28
T3:V1-TES	18.75	25.00	25.00	68.75	22.92
T4:V2-TRI	12.50	6.30	12.50	31.30	10.43
T5:V2-ACR	6.25	6.30	6.30	18.85	6.28
T6:V2-TES	18.75	18.80	18.80	56.35	18.78
T7:V3-TRI	12.50	12.50	12.50	37.50	12.50
T8:V3-ACR	6.25	0.00	6.30	12.55	4.18
T9:V3-TES	18.75	18.80	18.80	56.35	18.78
T10:V4-TRI	12.50	6.30	6.30	25.10	8.37
T11:V4-ACR	6.25	0.00	6.30	12.55	4.18
T12:V4-TES	18.75	18.80	25.00	62.55	20.85
T13:V5-TRI	12.50	0.00	12.50	25.00	8.33
T14:V5-ACR	6.25	6.30	12.50	25.05	8.35
T15:V5-TES	18.75	25.00	18.80	62.55	20.85

Observando los valores promedios obtenidos del cuadro 13, en cada tratamiento en estudio a los 30 dias después del trasplante la incidencia en los tratamientos "-TES" generalmente ha aumentado en comparación de los datos de los 15 dias se muestra mayor incidencia. Los tratamientos "-TRI" y "-ACR" parecen ser más resistentes o no estar influenciados por el factor que desencadena la enfermedad en los tratamientos "-TES".

Cuadro 14: Análisis de varianza para la incidencia a los 30 días después del trasplante.

CUADRO ANVA

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA	"F"	
					5%	1%
FACTOR "A" V	4	22.38	5.59	0.5 NS	2.71	4.07
FACTOR "B" P	2	1692.50	846.25	75.3**	3.34	5.45
INTERACCIÓN	8	86.25	10.78	0.95 NS	2.29	3.23
ERROR	30	337.10	11.24			
TOTAL	46	2138.23	46.48			

Para la fuente de variación de la Variedad (factor A) a un nivel de significancia del 5% y el 1% se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa ya que la ($F_c < F_t$) esto indica que no existe diferencias significativas en el (factor A).

En la fuente de variación de productos (factor B) a un nivel de significancia 5% y el 1% se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa ya que la ($F_c > F_t$) esto indica que en el (factor B) productos existe una diferencia altamente significativa (**)

En la fuente de variación de la interacción a un nivel de significancia de 5% 1%, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa ya que la ($F_c < F_t$) esto indica que en la interacción no existe diferencia.

Cuadro 15: resultados de la prueba de tukey para factor B (productos) porcentaje de incidencia de *Fusarium* spp. en las plantas de tomate

PRODUCTOS		RANGO
P3 TESTIGO	20.4	a
P1 TRICHODERMA	10	b
P2 ACRONIS	5.9	c

En el cuadro N°15 de la prueba de tukey se puede observar que, el resultado de la tabla de comparación de medias para factor B (productos) la comparación estadística resultados muestran diferencias estadísticas en el P3 (testigo) con 20.4 % tiene mucha diferencia con los productos, y los productos P1, (Trichoderma) con 10% y P2 (Acronis) con 5.9 presentan resultados estadísticamente diferentes.

Los resultados destacan la importancia del manejo fitosanitario en la reducción de la incidencia de *Fusarium spp.* en tomate. La progresión de la enfermedad en los tratamientos testigos refuerza la necesidad de intervención, y la efectividad comprobada de Acronis y Trichoderma —especialmente del primero— justifica su uso como parte de una estrategia integrada de manejo de la enfermedad. Asimismo, el hecho de que las variedades no hayan influido significativamente sugiere que el principal factor diferenciador es el producto aplicado.

Miller y Quesada (2017) indica que el uso de Trichoderma sp. como antagonista no solo genera un medio de control biológico, sino que también ayuda en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que ésta produce sustancias estimuladoras del crecimiento, acelerando su producción celular, logrando así que las plantas alcancen un desarrollo más rápido. Ofrece además la disminución de productos químicos, lo cual sería la parte más importante y ayuda en la protección de semillas contra hongos presentes en el suelo.

Cuadro 16: Porcentaje de Incidencia del *Fusarium* spp. en % a los 60 días después del trasplante.

TRATAMIENTOS	REPETECIONES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1:V1-TRI	12.50	17.70	6.30	36.50	12.17
T2:V1-ACR	6.25	6.00	11.11	23.36	7.79
T3:V1-TES	43.75	22.20	33.30	99.25	33.08
T4:V2-TRI	18.75	18.80	22.20	59.75	19.92
T5:V2-ACR	12.50	12.50	11.10	36.10	12.03
T6:V2-TES	37.50	37.50	33.30	108.30	36.10
T7:V3-TRI	11.11	12.50	22.20	45.81	15.27
T8:V3-ACR	6.25	6.30	11.10	23.65	7.88
T9:V3-TES	50.00	43.80	33.30	127.10	42.37
T10:V4-TRI	12.50	12.50	16.70	41.70	13.90
T11:V4-ACR	10.53	12.50	5.60	28.63	9.54
T12:V4-TES	31.25	37.50	38.90	107.65	35.88
T13:V5-TRI	18.75	18.80	16.70	54.25	18.08
T14:V5-ACR	12.50	6.30	5.60	24.40	8.13
T15:V5-TES	43.75	43.80	44.40	131.95	43.98

El cuadro 16 indica los promedios obtenidos en cada tratamiento estos datos se obtuvieron teniendo en cuenta los síntomas característicos de la enfermedad en estudio, a los 60 días después del trasplante contando cuantas plantas por parcela están infectadas y estas divididas por el número total de plantas por parcela y se observa que el tratamiento testigo (TES) presentan las mayores incidencias de *Fusarium* spp. a los 60 días, confirmando la alta susceptibilidad sin control. Acronis (ACR) controla notablemente la incidencia, demostrando eficacia química, también se observa que con Trichoderma controla la incidencia, con una reducción efectiva pero ligeramente menor que Acronis. Ambos tratamientos superan claramente a los testigos. Trichoderma destaca como una opción biológica viable para el manejo del patógeno

Cuadro 17: Análisis de varianza para la incidencia del *Fusarium* spp. en plantas de tomate a los 60 días después del trasplante.

CUADRO ANVA

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
FACTOR "A" Variedad	4	196.20	49.049	1.33 NS	2.71	4.07
FACTOR "B" Producto	2	7008.34	3504.169	94.78**	3.34	5.45
INTERACCIÓN "A" x "B"	8	220.50	27.562	0.74 NS	2.29	3.23
ERROR	30	1109.137	36.971			
TOTAL	46	8093.18	175.939			

Para la fuente de variación de la Variedad (factor A) a un nivel de significancia del 5% y 1% se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa ya que la ($F_c < F_t$) esto indica que no existe diferencias significativas entre variedad.

En la fuente de variación de (factor B) productos a un nivel de significancia 5% y el 1% se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa ya que la ($F_c > F_t$) esto indica que entre los productos existe una diferencia altamente significativa (**)

En la fuente de variación de la interacción a un nivel de significancia de 5% 1%, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa ya que la ($F_c < F_t$), esto indica que entre la interacción no existe diferencia significativa.

Cuadro 18: Resultados de la prueba de tukey para productos en porcentaje de la incidencia del *Fusarium* spp. a los 60 días después del trasplante.

PRODUCTOS		RANGO
P3 TESTIGO	38.30	a
P1 TRICHODERMA	15.90	b
P2 ACRONIS	9.00	c

En el cuadro N°18 se puede observar que, el resultado de la tabla de comparación de medias para factor B (productos) muestra diferencias estadísticas en los tres productos siendo P3 testigo el que mayor diferencia, P2 acronis estando con 9 % y P1 trichoderma con 15.90 % siendo diferente cada producto.

En resumen, los resultados a los 60 días después del trasplante consolidan la tendencia observada en las evaluaciones previas: los productos aplicados juegan un papel determinante en la reducción de la incidencia de *Fusarium* spp., mientras que las variedades empleadas no alteran significativamente esta respuesta. Tanto Acronis

como *Trichoderma* demostraron ser opciones viables para el manejo de la enfermedad, con *Acronis* destacándose por su mayor eficacia y *Trichoderma* ofreciendo un enfoque más ecológico y sostenible. Este tipo de alternativas representa un avance importante en el diseño de estrategias integradas de manejo fitosanitario en el cultivo de tomate.

La mayor parte de los experimentos de control biológico en enfermedades poscosecha se han realizado aplicando los antagonistas en condiciones controladas de humedad y temperatura. Pocos trabajos se han realizado con aplicación de microorganismos en condiciones de campo, en donde la efectividad de los antagonistas es afectada por otros factores, como cambios de temperatura, humedad, luz ultravioleta e interacción con otros microorganismos (Landeró et al,2016).

3.2. Severidad

Cuadro 19: Severidad en grados ° del *Fusarium* spp. a los 15 días después del trasplante medido en grados.

TRATAMIENTOS	REPETECIONES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1:V1-TRI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T2:V1-ACR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T3:V1-TES	0.00	2.00	0.00	2.00	0.67
T4:V2-TRI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T5:V2-ACR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T6:V2-TES	1.00	1.00	2.00	4.00	1.33
T7:V3-TRI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T8:V3-ACR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T9V3-TES	2.00	2.00	2.00	6.00	2.00
T10V4-TRI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T11:V4-ACR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T12:V4-TES	1.00	0.00	1.00	2.00	0.67
T13:V5-TRI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T14:V5-ACR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T15:V5-TES	2.00	0.00	1.00	3.00	1.00

El cuadro 19 indica los promedios la evaluación de la severidad el porcentaje de daños causados por el hongo *Fusarium* spp. en el cultivo de tomate la evaluación se determinó de forma visual en base al área infectada en la unidad muestral los datos obtenidos en cada tratamiento que se obtuvieron a los 15 días después del trasplante el testigo T6 (V2-Lia) y T9 (V3-Río Grande) mostraron los mayores promedios de severidad (1.33), indicando la mayor susceptibilidad inicial al *Fusarium* spp. Los demás testigos presentaron severidad baja o muy leve. En general, la severidad fue limitada en esta etapa, con diferencias entre variedades.

Cuadro 20: Análisis de varianza para la severidad del *Fusarium* spp. de las plantas de tomate a los 15 días después del trasplante.

TABLA ANVA

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA	"F"	
					5%	1%
FACTOR "A" Variedad	4	0.44	0.111	1.56 NS	2.71	4.07
FACTOR "B" Producto	2	10.00	5.000	32.11 **	3.34	5.45
INTERACCIÓN "A" x "B"	8	0.89	0.111	1.56 NS	2.29	3.23
ERROR	30	8.267	0.295			
TOTAL	44	20.00	0.455			

Para la fuente de variación de la (factor A) Variedad a un nivel de significancia del 5% y el 1% se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa ya que la ($F_c < F_t$) esto indica que no existe diferencias significativas entre variedad.

En la fuente de variación de (factor B) productos a un nivel de significancia 5% y el 1% se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa ya que la ($F_c > F_t$) esto indica que entre los productos existe una diferencia altamente significativa (**)

En la fuente de variación de la interacción a un nivel de significancia de 5% 1%, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa ya que la ($F_c < F_t$), esto indica que entre la interacción no existe diferencia significativa.

Cuadro 21: Resultados de la prueba de tukey para el factor B (productos) para la severidad del *Fusarium* spp. en las plantas de tomate.

PRODUCTOS		RANGO
P3 TESTIGO	1.13	a
P1 ACRONIS	0.00	b
P2 TRICHODERMA	0.00	b

En el cuadro 21 puede observar que, el resultado de la tabla de comparación de medias para el factor B (productos) la comparación estadística de resultados muestra una mínima diferencias estadísticas entre P3 (testigo) con el 1.13 y los productos P1, (Trichoderma) co 0.00 y P2 (Acronis) con 0.00, y se puede observar que Trichoderma y Acronis no presentan diferencias estadísticas.

Los resultados de severidad a los 15 días después del trasplante indican que el uso de productos de control es crucial para evitar el avance inicial del *Fusarium* spp. en el cultivo de tomate. Tanto Trichoderma como Acronis demostraron ser eficaces en la

supresión de los síntomas tempranos de la enfermedad. La falta de diferencias entre variedades y la interacción no significativa lo que indica que las variedades tienen el mismo comportamiento en la etapa inicial del desarrollo del cultivo.

Pullupaxi (2016) que entre las dos cepas de *Trichoderma*, *Harzianum* fue más eficiente en el control de *Fusarium oxysporum*; ya que al analizar la variable porcentaje de severidad, en las parcelas donde se aplicó T. *Harzianum* en dosis de 1cc a los cinco días luego del trasplante se pudo constatar 0% de la enfermedad y 40% a los 27 días. Mientras en las parcelas donde se aplicó T. *Lignorum* en dosis de 1,5 cc a los cinco días luego del trasplante se obtuvo un porcentaje de severidad de 13% y 67% a los 27 días.

Cuadro 22: Severidad en grados de *Fusarium* spp. a los 30 días después del trasplante.

TRATAMIENTOS	REPETECIONES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1:V1-TRI	1.00	2.00	1.00	4.00	1.33
T2:V1-ACR	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
T3:V1-TES	2.00	4.00	4.00	10.00	3.33
T4:V2-TRI	2.00	1.00	2.00	5.00	1.67
T5:V2-ACR	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
T6:V2-TES	2.00	3.00	3.00	8.00	2.67
T7:V3-TRI	2.00	2.00	2.00	6.00	2.00
T8:V3-ACR	1.00	0.00	1.00	2.00	0.67
T9:V3-TES	3.00	3.00	3.00	9.00	3.00
T10V4-TRI	2.00	1.00	1.00	4.00	1.33
T11:V4-ACR	1.00	0.00	1.00	2.00	0.67
T12:V4-TES	2.00	3.00	4.00	9.00	3.00
T13:V5-TRI	2.00	0.00	2.00	4.00	1.33
T14:V5-ACR	1.00	1.00	2.00	4.00	1.33
T15:V5-TES	1.00	4.00	3.00	8.00	2.67

El cuadro 22 indica los promedios la evaluación de la severidad el porcentaje de daños causados por el hongo *Fusarium* spp. en el cultivo de tomate de forma visual en base al área infectada en la unidad muestral los datos obtenidos en cada tratamiento que se obtuvieron a los 30 días después del trasplante, mayor severidad de la enfermedad se

presenta en el Testigo indicando su desarrollo sin protección y el Acronis controla eficazmente la severidad con un valor menor al del testigo y el Trichoderma también controla, pero en menor porcentaje que Acronis.

Cuadro 23: Análisis de varianza para la severidad del *Fusarium* spp. en las plantas de tomate a los 30 días después del trasplante.

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
FACTOR "A" Variedad	4	0.31	0.078	0.14 NS	2.71	4.07
FACTOR "B" Productos	2	31.60	15.800	28.44**	3.34	5.45
INTERACCIÓN "A" x "B"	8	2.62	0.328	0.59 NS	2.29	3.23
ERROR	30	16.667	0.556			
TOTAL	44	51.20	1.113			

Para la fuente de variación de la (factor A) Variedad a un nivel de significancia del 5% y el 1% se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa ya que la ($F_c < F_t$) esto indica que no existe diferencias significativas entre variedad.

En la fuente de variación de (factor B) productos a un nivel de significancia del 5% y el 1% rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa ya que la ($F_c > F_t$) esto indica que entre los productos existe una diferencia altamente significativa (**)

En la fuente de variación de la interacción a un nivel de significancia del 5% y 1%, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa ya que la ($F_c < F_t$), esto indica que entre la interacción no existe diferencia significativa.

Cuadro 24: Resultados de la prueba de tukey para el factor B (productos) para la severidad del *Fusarium* spp. en las plantas de tomate.

PRODUCTOS		RANGO
P3 TESTIGO	2.93	a
P1 TRICHODERMA	1.53	b
P2 ACRONIS	0.93	b

Como resultado de la tabla de comparación de medias para variable productos se pudo observar que la comparación estadística de los productos los resultados muestran diferencias estadísticas en la severidad de *Fusarium* spp. El testigo mostró una severidad estadísticamente mayor con 2.93° diferente a los demás, y los tratamientos con P1 (Trichoderma) con un 1.53 y P2 (Acronis) con 0.93 entre los dos productos no

muestran diferencias estadísticas, pero se puede observar que trichoderma está por sobre Acronis entonces Acronis sería el que tiene mayor eficacia para el control de la enfermedad.

Los resultados de la severidad a los 30 días después del trasplante se confirman que el uso de productos de control reduce significativamente la severidad del *Fusarium spp.* en tomate, siendo Acronis el tratamiento más eficaz en esta etapa. No obstante, Trichoderma también logra una reducción sustancial, consolidándose como una alternativa sostenible y ambientalmente más amigable. La ausencia de diferencias significativas entre variedades indica que el manejo de la enfermedad en este periodo depende más de la estrategia de control utilizada que del genotipo de la planta, lo cual es relevante para definir prácticas agronómicas en zonas con presencia del patógeno.

Manayay et al. (2016) quienes investigando el efecto antagonista de Trichoderma y el fungicida químico Benomilo en el control de *Fusarium oxysporum* en tomate encontraron que el fungicida sintética benomilo obtuvo mayor protección de las plantas de tomate al ataque del hongo *Fusarium* obteniendo menor escala de severidad siendo mayor al ejercido por el fungicida biológica *Trichoderma viride*.

Cuadro 25: Severidad en grados del *Fusarium* spp. en las plantas de tomate a los 60 días después de trasplante.

TRATAMIENTOS	REPETECIONES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1:V1-TRI	3.00	2.00	2.00	7.00	2.33
T2:V1-ACR	2.00	2.00	1.00	5.00	1.67
T3:V1-TES	3.00	5.00	4.00	12.00	4.00
T4:V2-TRI	2.00	2.00	2.00	6.00	2.00
T5:V2-ACR	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
T6:V2-TES	2.00	4.00	4.00	10.00	3.33
T7:V3-TRI	2.00	1.00	1.00	4.00	1.33
T8:V3-ACR	1.00	2.00	2.00	5.00	1.67
T9:V3-TES	4.00	5.00	5.00	14.00	4.67
T10V4-TRI	2.00	2.00	1.00	5.00	1.67
T11:V4-ACR	1.00	3.00	2.00	6.00	2.00
T12:V4-TES	4.00	5.00	3.00	12.00	4.00
T13:V5-TRI	2.00	2.00	2.00	6.00	2.00
T14:V5-ACR	1.00	2.00	1.00	4.00	1.33
T15:V5-TES	4.00	4.00	5.00	13.00	4.33

El cuadro 25 se indica los promedios la evaluación de la severidad el porcentaje de daños causados por el hongo *Fusarium* spp. en el cultivo de tomate esta evaluación determinó de forma visual en base al área infectada en la unidad muestral los datos obtenidos en cada tratamiento que se obtuvieron a los 60 días después del trasplante. La severidad de la enfermedad ha aumentado significativamente en todos los tratamientos. Si bien Acronis y Trichoderma todavía ofrecen cierta protección en comparación con el testigo, su eficacia en el control de la severidad parece disminuir con el tiempo y el testigo sigue siendo el más afectado.

Cuadro 26: Análisis de varianza para la severidad del *Fusarium* spp. en las plantas de tomate a los 60 días después del trasplante.

CUADRO ANVA

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	"F" CALCULADA	"F"	
					5%	1%
FACTOR "A" Variedad	4	1.69	0.422	0.90 NS	2.71	4.07
FACTOR "B" Producto	2	56.84	28.422	60.90**	3.34	5.45
INTERACCIÓN "A" x "B"	8	4.71	0.589	1.26 NS	2.29	3.23
ERROR	28	14.000	0.467			
TOTAL	44	77.24	1.679			

Para la fuente de variación de la (factor A) Variedad a un nivel de significancia del 5% y el 1% se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa ya que la ($F_c < F_t$) esto indica que no existe diferencias significativas entre variedad.

En la fuente de variación de (factor B) productos a un nivel de significancia del 5% y el 1% rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa ya que la ($F_c > F_t$) esto indica que entre los productos existe una diferencia altamente significativa (**)

En la fuente de variación de la interacción a un nivel de significancia del 5% y 1%, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa ya que la ($F_c < F_t$), esto indica que entre la interacción no existe diferencia significativa.

Cuadro 27: Resultados de la prueba de tukey para factor B (Productos) porcentaje de la severidad del *Fusarium* spp. en las plantas de tomate

PRODUCTOS		RANGO
P3 TESTIGO	4.10	a
P2 TRICHODERMA	1.90	b
P1 ACRONIS	1.50	b

Como resultado de la tabla de comparación de medias para variable productos se pudo observar los resultados muestran diferencias estadísticas en la severidad de *Fusarium* spp. El testigo mostró una severidad estadísticamente diferente a los demás y mayor con 4.10% y los tratamientos con P1 (Trichoderma) con 1.90 % y P2 (Acronis) con 1.50%. no se presenta diferencias estadísticas significativas, pero se puede observar que trichoderma está por sobre Acronis entonces Acronis sería el que tiene mayor eficacia para el control de la enfermedad.

En esta etapa avanzada del cultivo, se reafirma que la severidad del *Fusarium spp.* aumenta significativamente si no se aplican medidas de control, tal como lo evidencia el tratamiento testigo. Tanto Acronis como Trichoderma continúan siendo herramientas eficaces, aunque con disminución en su capacidad de control con el paso del tiempo. Acronis mostró una leve superioridad en esta evaluación, mientras que Trichoderma, a pesar de ser ligeramente menos eficaz, se consolida como una opción de manejo biológico sustentable, especialmente relevante en sistemas de producción orgánica o integrados.

Jamil (2021) nos dice la actividad antifúngica de los productos indicaron que Trichoderma viride no solo redujo la severidad de la enfermedad, sino que también mejoró el crecimiento y rendimiento de las plantas. También mostraron que el uso combinado de Trichoderma y extractos naturales logró una reducción del 60–70% en la severidad de Fusarium, y la aplicación de Carbendazim en tomate logró reducir la severidad del Fusarium oxysporum en más del 70% los productos químicos como Carbendazim actúan inhibiendo la mitosis del hongo, mientras que los productos biológicos y orgánicos estimulan mecanismos naturales de defensa en la planta o compiten directamente con el patógeno.

3.7. Beneficio/costo

Cuadro 28: Relación beneficio/costo para cada uno de los tratamientos.

Tratamiento	Cosecha 1			Cosecha 2			Cosecha total	Cosecha kg/ha			Cosecha 2 kg/ha			Rend kg/ha	Beneficio bruto 3bs el kilo	costo total	índice beneficio costo
	R1	R2	R3	R1	R2	R3		R1	R2	R3	R1	R2	R3				
V1 TRI	5.3	4.2	6.5	6	4	8	34	6310	5000	7738	7143	4762	9524	40476	202381	203535	1.0
V1 ACR	11	9.5	14.8	8.6	7.5	9.9	61.3	13095	11310	17619	10238	8929	11786	72976	364881	203765	1.8
V1 TES	2	1.5	2.5	1.8	2.5	0.1	10.4	2381	1786	2976	2143	2976	119	12381	61905	203315	0.3
V2 TRI	4.3	3.5	5.2	6	4	5	28	5119	4167	6190	7143	4762	5952	33333	166667	203535	0.8
V2 ACR	8.3	6.5	10.2	10	12	8	55	9881	7738	12143	11905	14286	9524	65476	327381	203765	1.6
V2 TES	1.3	1	1.7	1	0.9	1.3	7.2	1548	1190	2024	1190	1071	1548	8571	42857	203315	0.2
V3 TRI	3.5	3.3	3.2	4.3	5	3.7	23	4167	3929	3810	5119	5952	4405	27381	136905	203535	0.7
V3 ACR	11	9	13	10	9.3	8.7	61	13095	10714	15476	11905	11071	10357	72619	363095	203765	1.8
V3 TES	0.5	0.3	1.2	1.1	0.6	1.6	5.3	595	357	1429	1310	714	1905	6310	31548	203315	0.2
V4 TRI	3	2	4	4.3	5	3.7	22	3571	2381	4762	5119	5952	4405	26190	130952	203535	0.6
V4 ACR	8.6	5	12.4	11	9	11	57	10238	5952	14762	13095	10714	13095	67857	339286	203765	1.7
V4 TES	1.5	1.3	1.2	0.8	0.9	1.3	7	1786	1548	1429	952	1071	1548	8333	41667	203315	0.2
V5 TRI	6	4	5	7	4	6	32	7143	4762	5952	8333	4762	7143	38095	190476	203535	0.9
V5 ACR	9	13	5	8	13	9	57	10714	15476	5952	9524	15476	10714	67857	339286	203765	1.7
V5 TES	0.5	0.8	1.7	0.5	0.6	0.9	5	595	952	2024	595	714	1071	5952	29762	203315	0.1

Los tratamientos ACR (V1 ACR, V2 ACR, V3 ACR, V4 ACR, V5 ACR) tienden a generar las mayores cosechas totales y rendimientos por hectárea, aunque con una mayor variabilidad con un rango de (1.0-1.8). que sería un tratamiento rentable.

Los tratamientos TES (V1 TES, V2 TES, V3 TES, V4 TES, V5 TES) consistentemente muestran la menor producción total y los rendimientos más bajos por hectárea.

Los tratamientos TRI (V1 TRI, V2 TRI, V3 TRI, V4 TRI, V5 TRI) presentan una producción más estable entre repeticiones y se sitúan en un punto intermedio en términos de cantidad cosechada y rendimiento por hectárea en comparación con ACR y TES.

Conclusión General:

Los tratamientos etiquetados como ACR consistentemente muestran los mayores rendimientos, los mayores beneficios brutos y los índices Beneficio/Costo más altos en todas las versiones probadas. Esto sugiere que el factor o las características asociadas con "ACR" son altamente beneficiosas para la producción bajo estas condiciones.

Por otro lado, los tratamientos TESTIGOS presentan los rendimientos más bajos y los índices B/C significativamente inferiores a 1 en todas las versiones. Esto indica que estos tratamientos no son económicamente viables cubriendo los gastos de la inversión costos de producción actuales sin obtener ganancias.

Los tratamientos etiquetados como TRICHODERMA muestran un rendimiento y una rentabilidad intermedia entre ACR y TES.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. Conclusiones

- Se identificó, mediante análisis de laboratorio, que el agente causal predominante de la fusariosis del cultivo de tomate en la comunidad de San Antonio de Chocloca corresponde a la especie *Fusarium* spp.
- La incidencia del *Fusarium* spp. varió significativamente en los diferentes días. A los 15 días después del trasplante del cultivo de tomate, se mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Los testigos sin aplicación (TES) presentaron las mayores incidencias, mientras que los tratamientos con Acronis (químico) y Trichoderma (biológico) presentaron incidencias nulas. A los 30 días, los tratamientos TES (testigos) presentaron las mayores incidencias, lo que evidencia su alta susceptibilidad sin control. En cambio, los tratamientos con Acronis (ACR) y Trichoderma spp. (TRI) mostraron controles drásticos, con diferencias significativas en la incidencia de *Fusarium*. A los 60 días, el testigo sin aplicación tuvo la mayor incidencia, superando estadísticamente a Trichoderma y Acronis. No hubo diferencia significativa entre Trichoderma y Acronis, lo que indica una eficacia comparable. El uso de productos, especialmente biológicos como Trichoderma, es clave para reducir la enfermedad.
- A los 15 días, el testigo presentó una severidad significativamente mayor en comparación con los tratamientos con Trichoderma y Acronis. A los 30 días, la severidad de la enfermedad fue mayor en el testigo, indicando su desarrollo sin protección. Acronis previno eficazmente la severidad, así como también lo hizo Trichoderma, aunque en menor proporción. A los 60 días, el testigo mostró una severidad significativamente mayor, y los tratamientos con Trichoderma y Acronis redujeron eficazmente la severidad de la enfermedad. No hubo diferencia estadística entre Trichoderma y Acronis en el promedio general de severidad.

- El tratamiento ACR fue el más rentable en todas las evaluaciones, con altos rendimientos y un índice B/C superior a 1. Los tratamientos TES no fueron económicamente viables, al mostrar bajos rendimientos y un índice B/C menor a 1. Los tratamientos TRI tuvieron rentabilidad intermedia, siendo menos eficaces que ACR, pero mejores que TES.

4.1. Recomendaciones

1. Se recomienda utilizar Acronis durante las etapas tempranas del cultivo, reforzando su acción con otro producto compatible (químico o biológico) para mejorar el control del *Fusarium* spp.. Es importante evitar aplicaciones excesivas o continuas para prevenir el desarrollo de resistencia en el patógeno y minimizar el impacto negativo sobre la microbiota benéfica del suelo. Para una estrategia más equilibrada, se recomienda alternar o combinar con agentes de control biológico como *Trichoderma* spp., que promueven la salud del suelo y la resistencia sistémica de las plantas.
2. Mejorar el drenaje y las condiciones físicas del suelo es fundamental, ya que *Fusarium* spp. prospera en ambientes saturados de agua y con baja aireación. Se deben evitar encharcamientos mediante la corrección del perfil del terreno, implementación de camas altas o surcos de drenaje, y mejorando la estructura del suelo con la incorporación de materia orgánica bien descompuesta. Una adecuada aireación y un balance hídrico óptimo reducen el estrés en las raíces y limitan la proliferación del patógeno.
3. Evitar el exceso de fertilización con nitrógeno en forma amoniacal es clave para reducir la susceptibilidad de las plantas a *Fusarium* spp.. Se recomienda preferir el uso de nitrógeno en forma nítrica, el cual es menos favorable para el desarrollo del patógeno. Además, es importante mantener un equilibrio adecuado con potasio y calcio. El potasio contribuye a la regulación del metabolismo vegetal y al fortalecimiento de tejidos, mientras que el calcio es esencial para la integridad de las paredes celulares, actuando como una barrera física que dificulta la penetración del hongo. Un programa de nutrición balanceado fortalece las defensas naturales de la planta y mejora su tolerancia al estrés biótico.
4. Se recomienda utilizar o desarrollar variedades de tomate con resistencia genética a *Fusarium* spp., como una de las estrategias más eficaces para reducir las pérdidas en producción. Estas variedades están diseñadas para resistir una o más razas del patógeno (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, razas 1, 2 o 3), lo que

permite un mejor desempeño del cultivo incluso en suelos infestados. El uso de variedades resistentes no solo minimiza el impacto de la enfermedad, sino que también reduce la necesidad de aplicaciones químicas, lo cual favorece un manejo más sostenible y rentable a largo plazo.