

Trichoderma asperellum en el control de Fusarium sp., en genotipos de Passiflora

Trichoderma asperellum in the control of Fusarium sp., in genotypes of Passiflora

Denilson Cusme Tuarez¹ (denilsoncusmetuarez@tsachila.edu.ec) (<https://orcid.org/-0009-0005-8231-1076>)

Hether Rosero Gonzales² (hetherroserogonzales@tsachila.edu.ec) (<https://orcid.org/0009-0007-4304-9962>)

Manuel Meza Loor³ (manuelmeza@tsachila.edu.ec) (<https://orcid.org/0000-0002-1693-5180>)

Diana Alava Cruz⁴ (diana.alava@uleam.edu.ec) (<https://orcid.org/0000-0002-2975-2180>)

Resumen

La presente investigación se llevó a cabo con el objetivo de evaluar *Trichoderma asperellum* en el control de *Fusarium sp.*, en genotipos de *Passifloras*, para reducir la marchitez en el cuello del tallo en Santo Domingo. Para ello se implementó un diseño completo al azar DCA, con tres tratamientos, T1: Maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*), T2: Cholupa (*Passiflora maliformis L.*) y T3: Granadilla (*Passiflora ligularis*), evaluando las variables: porcentaje de mortalidad %, tolerancia a fusarium %, días a la afectación (días), número de plantas enfermas por semana. (plt/sem), periodo de incubación del hongo (días), severidad de la enfermedad (%). Los resultados demuestran que el genotipo Maracuyá (T2) presentó una tolerancia total a la enfermedad (100%), es decir que todas las plantas de maracuyá tratadas con *T. asperellum* resistieron la infección por *Fusarium sp.* En cuanto a severidad de los genotipos de *Passifloras* con tratamiento con *T. asperellum* para el control de *Fusarium sp.* fue significativa ($p < 0,05$), siendo al término del ensayo (semana 6), que se observó en la Granadilla una marchitez severa, mientras que en la Maracuyá se obtuvo una mejora significativa, casi regresando a la ausencia de síntomas, con respecto a la Cholupa se obtuvo una mejora en los síntomas, volviendo a marchitez moderada. El genotipo Granadilla (T1) presentó el mayor porcentaje de mortalidad, alcanzando un 5%, seguido de la Cholupa (T3), con un porcentaje de mortalidad intermedio, alrededor del 3.33% y, finalmente, la Maracuyá (T2), que no se registró mortalidad en este tratamiento, por consiguiente, fue el mejor tratamiento.

Palabras clave: Cholupa, Granadilla, Maracuyá, secadera del tallo.

¹ Universidad Bolivariana del Ecuador, 092405 Durán, Ecuador

² Universidad Bolivariana del Ecuador, 092405 Durán, Ecuador

³ Universidad Bolivariana del Ecuador, 092405 Durán, Ecuador

⁴ Universidad Bolivariana del Ecuador, 092405 Durán, Ecuador

Abstract

The present investigation was carried out with the objective of evaluating *Trichoderma asperellum* in the control of *Fusarium sp.* in genotypes of *Passifloras*, to reduce the wilt in the neck of the stem in Santo Domingo. A Complete Randomized Design (CRD) was implemented for this purpose, with three treatments, T1: Passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa*), T2: Cholupa (*Passiflora maliformis L.*) and T3: Granadilla (*Passiflora ligularis*), evaluating the variables: mortality percentage %, tolerance to fusarium %, days to affectation (days), number of diseased plants per week (plt/wk), incubation period of the fungus (days), disease severity (%). The results show that the passion fruit genotype (T2) showed total tolerance to the disease (100%), that is, all passion fruit plants treated with *T. asperellum* resisted infection by *Fusarium sp.* The severity of the *Passifloras* genotypes treated with *T. asperellum* to control *Fusarium sp.* was significant ($p < 0.05$), and at the end of the trial (week 6), severe wilt was observed in the Granadilla, while in the Maracuya a significant improvement was obtained, almost returning to the absence of symptoms, with respect to the Cholupa an improvement in symptoms was obtained, returning to moderate wilt. The genotype Granadilla (T1), presented the highest percentage of mortality, reaching 5%, followed by Cholupa (T3), with an intermediate percentage of mortality, around 3.33% and finally, Maracuya (T2), which did not register mortality in this treatment, therefore, the best treatment.

Key words: Cholupa, Granadilla, passion fruit, stem drying.

Introducción

Según Quiroga et al. (2012), una de las enfermedades más conocidas causadas por *Fusarium* es la marchitez vascular, que resulta en el amarillamiento y marchitez de las plantas debido a la obstrucción de los vasos conductores (p. 266); además, algunos miembros de este género también pueden producir micotoxinas en los tejidos de las plantas infectadas, lo que agrava los problemas tanto en la producción agrícola como en la calidad de los productos cosechados (Mejía et al., 2016).

Para intervenir en este problema se hace la implementación de *Trichoderma asperellum* para así lograr tener control del hongo *Fusarium sp.* Y, a la vez, poder visualizar sus efectos en genotipos de *Passifloras*. Como se menciona en Villa et al. (2015), esta enfermedad conduce a la pérdida total de cultivos en menos de dos años, y los fungicidas actuales, aunque efectivos, provocan desequilibrios en el microbiota del suelo y afectan la salud de los agricultores.

En el cultivo de maracuyá, la Fusariosis, es una importante enfermedad que causa una gran limitación en la producción y calidad de frutos y una reducción en la longevidad del cultivo (Bernardes, 2015). Teniendo en cuenta lo ya mencionado, se pretende a investigar el efecto de

Trichoderma asperellum en *Fusarium sp.*, en genotipos de *Passiflora*, en un lapso de tiempo de 3.5 meses en la Finca Abad, ubicada en Julio Moreno km 7.

Esquerre et al. (2014) describe a este género como “una planta de herbácea a semileñosa, trepadora, glabra, estípulas oblongo-lanceoladas, pecíolo con tres a seis glándulas liguliformes a filiformes, cuenta con hojas anchamente ovadas, cordadas, de margen entero. Brácteas ovadas, minutamente aserrado, glanduladas, connadas en la base. Flores péndulas de hasta 9 cm de diámetro, sépalos de verdes a blanco rojizos en su parte abaxial, de blancos a cremosos en su parte adaxial, oblongos, carinados, con arista apical, pétalos blancos y púrpura, oblongos y fruto en baya, de globoso a ovoide, de hasta 10 x 7 cm, de color anaranjado con máculas pálidas a rojizo en estado maduro” (p.62).

Molano et al. (2020), en la caracterización realizada a la Cholupa menciona que es una liana de crecimiento continuo, con floración lateral y ramificación basitónica. Durante su desarrollo, comienzan a aparecer brotes laterales en la porción basal, por debajo y por encima del nudo con el primer zarcillo; esta planta es una enredadera trepadora semi-perenne, con tallo cilíndrico, glabro o finamente pubescente, de color verde, estriado, herbáceo y leñoso hacia la base, con hasta 12 cm de diámetro. Ocampo et al. (2015) como se citó en Molano et al. (2020), sostiene que a los 23 DAP, el tallo principal alcanzó una edad media de 37,03 cm, de los 30 DAP, las plantas aumentaron la tasa de crecimiento, alcanzando a los 88 DAP una longitud máxima de 455 cm, con un total de 68 nudos.

Joy (2010) describe a la fruta de la pasión como una enredadera leñosa y perenne que da un fruto delicioso de color púrpura y amarillo (*Passiflora edulis* Sims f. *edulis* y *P. eduli* f. *flavicarpa*) conocidas como fruta de la pasión púrpura y amarilla y cuyo detalla se reporta a continuación.

Las plantas tienen una raíz pivotante débil y extensas raíces laterales de color marfil, el tallo suele ser solitario, de hasta 7 cm de diámetro basal, se extiende de 5 a 10 m o más en las coronas de las ramitas son de color amarillo verdoso, volviéndose marrones, y se sostienen sobre la vegetación por medio de zarcillos que surgen en las axilas de las hojas: las hojas son alternas, de color verde a verde amarillento, trilobuladas (en plantas maduras) con bordes dentados, los pecíolos miden de 3 a 6 cm de largo y los limbos de 5 a 11 cm de largo por 4 a 10 cm de ancho, las flores solitarias surgen en los axiales de las hojas, con medidas de 5 a 7 cm de diámetro, con cinco sépalos de color blanco verdoso y cinco pétalos blancos rematados por una corona en forma de franja de rayos rectos de color púrpura y blanco, tiene cinco estambres con anteras grandes y un estilo triple ramificado; el fruto es globoso u ovoide, morado o amarillo y de 4 a 7 cm de diámetro, dentro de una corteza gruesa hay muchas sedas de color marrón oscuro a negro envueltas en pequeños sacos con zumo aromático amarillo o anaranjado.

Chiriboga et al. (2015), señala que existe un gran interés en el control biológico de patógenos vegetales, en gran medida en respuesta a la creciente preocupación pública de utilizar pesticidas químicos por su impacto en la seguridad alimentaria, en el medio ambiente, recursos naturales y biodiversidad. El genoma de *Trichoderma* reveló la microtrofía y micoparasitismo como el estilo de vida de las especies ancestrales de este género, algunas especies se han establecido en la rizosfera de las plantas y evolucionaron hasta convertirse en especies colonizadoras de raíces intracelulares y endofíticas, gracias a ello, estimulan el crecimiento de las plantas y protegen contra patógenos (Andrade et al., 2023).

Murguía (2016), menciona que *Trichoderma asperellum* actúa como un antagonista natural de varios hongos fitopatógenos, incluyendo especies de *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Sclerotinia*, su presencia en el suelo y en las raíces de las plantas puede prevenir o reducir las infecciones causadas por estos patógenos. Cabe resaltar que una de las estrategias más importantes de *Trichoderma asperellum* es la producción de enzimas que degradan las paredes celulares de los hongos patógenos, interfiriendo así con su capacidad para infectar las plantas, además, de su acción antagonista directa, *Trichoderma asperellum* también puede inducir respuestas de defensa en las plantas hospedadoras (Vargas et al., 2012).

El manejo de las enfermedades causadas por *Fusarium spp.* en Maracuyá, generalmente implica prácticas preventivas, como la selección de variedades resistentes, la implementación de rotación de cultivos y la mejora de las condiciones de drenaje del suelo para reducir la humedad (Rozo et al., 2017).

Figura 1. *Trichoderma asperellum* en caja Petri.

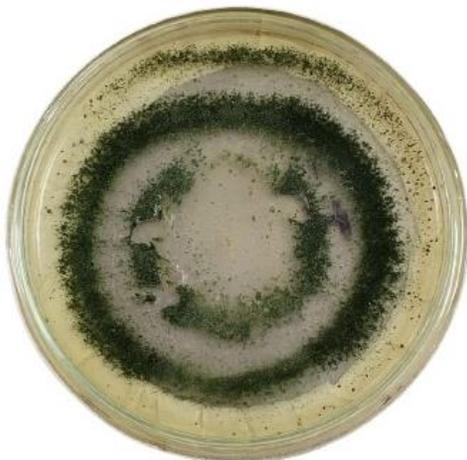


Figura 2. Fases de desarrollo de *Trichoderma asperellum* en cajas Petri.



Fusarium oxysporum es único en varios aspectos, claramente tiene una larga historia de reproducción predominantemente asexual, puede invadir exclusivamente las raíces y causar enfermedades de marchitez al colonizar el tejido del xilema y muestra claras relaciones gen a gen con múltiples huéspedes (Michaelse y Rep, 2009). Rios et al., (2021) menciona que *Fusarium oxysporum* es un hongo cosmopolita que puede sobrevivir por años en el suelo sin la presencia del hospedante.

Las colonias tienen una apariencia diferente según la cepa, por lo general, el micelio aéreo en el medio cambia de color a varios tonos, desde violeta hasta violeta oscuro, para muchos esporodocios, las colonias pueden tener un color crema o naranja (Lizcano, 2007).

Figura 1. Fases de Desarrollo de *Fusarium oxysporum* en cajas Petri.



Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en las instalaciones de la Finca Abad, ubicada en la ciudad de Santo Domingo de los Tsa'chila, vía a Julio Moreno en el Km 7, con las siguientes coordenadas latitud -0.318412, longitud -79.168499, la fase del laboratorio se la cumplió dentro de las

instalaciones del instituto Tsa'chila en el bloque 4 con un tiempo de duración de 1 mes, por otro lado, la fase de campo se ejecutó en invernadero con una duración de 3,5 meses.

Variable independiente: Especies de Passifloras con *Trichoderma asperellum*

VARIABLES DEPENDIENTES

- Número de plantas enfermas por semana: esta evaluación se la realizó una vez por semana observando las plantas de todos los tratamientos y registrando el número de plantas enfermas.
- Número de plantas muertas por semana: esta evaluación se la realizó una vez por semana observando las plantas de todos los tratamientos y registrando el número de plantas muertas.
- Periodo de incubación del hongo: son el número de días transcurridos desde la inoculación hasta la manifestación de los síntomas, característicos de la enfermedad.
- Severidad de la enfermedad: la severidad se clasificó mediante la escala ordinal, así: i) ausencia de síntomas, ii) marchitez moderada o clorosis, iii) marchitez severa, decoloración del tallo o defoliación y iv) muerte de la plántula.
- Porcentaje de germinación: para calcular el porcentaje de germinación se utilizó la fórmula $PG = [(N^{\circ} \text{ semillas germinadas}) / (N^{\circ} \text{ semillas sembradas})] \times 100$.
- Porcentaje de mortalidad: en el porcentaje de mortalidad utilizamos la fórmula $NPV/NPS \times 100$, en donde NPV = Numero de plantas vivas y NPS = Numero de plantas sembradas.
- Tolerancia a fusarium: la tolerancia a fusarium se calculó mediante la fórmula: $\% \text{ Supervivencia} = PV/PV+PM \times 100$, en donde PV = Plantas vivas y PM = Plantas muertas.
- Días a la afectación: en días de afectación se tomaron en cuenta a partir del primer día de la aplicación del *Trichoderma asperellum* hasta los primeros días en que la planta presentó síntomas.

TRATAMIENTOS

Los tratamientos son las especies de Passifloras descritas en la siguiente tabla, en las cuales se evaluó la resistencia de Fusarium.

Tabla 1. Tratamientos evaluados.

Simbología	Especie
T1	Granadilla (<i>Passiflora ligularis</i>)
T2	Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>)
T3	Cholupa (<i>Passiflora maliformis</i> L.)

Los datos recabados de los tratamientos fueron sometidos a un análisis de varianza (ADEVA) y para la comparación de las medias de los tratamientos se empleó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, mediante el software estadístico Infostat. Se estableció un diseño completo al azar (DCA) con 3 tratamientos, el total de plantas fueron 180 unidades experimentales. A continuación, se detalla el esquema del análisis de varianza (ADEVA) que se utilizará (Tabla 2).

Tabla 2. Esquema de ADEVA empleado.

Fuente de variación	Grado de libertad
Tratamientos	3
Error	176
Total	179

Metodología

- Primero se seleccionó el suelo con lo cual se verificó de que esté libre de *Fusarium sp.*
- En bandejas de germinación se colocó el suelo y en cada uno de los tubetes se ubicó una semilla; misma, que se regó una vez al día en horas de poca luminosidad. Las bandejas en cuestión estuvieron ubicadas sobre mesones de caña ubicados en el interior de un umbráculo.
- Se sembró las variedades de Passifloras expuestas en la tabla 1, mismas que se rotularon.
- La inoculación con *Trichoderma asperellum* se realizó a los 0, 15 y 30 días después de la siembra y la inoculación de *F. oxysporum*, a los 45 días.
- El trasplante se realizó a los 21 días después de la siembra en vasos de 32 onzas plásticos.
- El riego se realizó al momento de la siembra y cada 3 días en promedio a las necesidades del suelo.
- La fertilización se realizó a los 10 días y 20 días después de la siembra con una dosificación de 1g/litro de agua del fertilizante complejo Basfoliar (20-19-19-0.5Mg) y, a su vez, se aplicó con una regadera, por cada bandeja germinadora se aplicó 200ml.
- No se aplicó fungicida porque puede inferir en el desarrollo de la investigación; sin embargo, sí se aplicó insecticida (Cipremetina) a una dosis 1cm³, tomando en cuenta la presencia de insectos.
- La toma de datos se realizó cada 7 días después de 45 días transcurridos desde la siembra hasta el día 75 después de la siembra.

Resultados

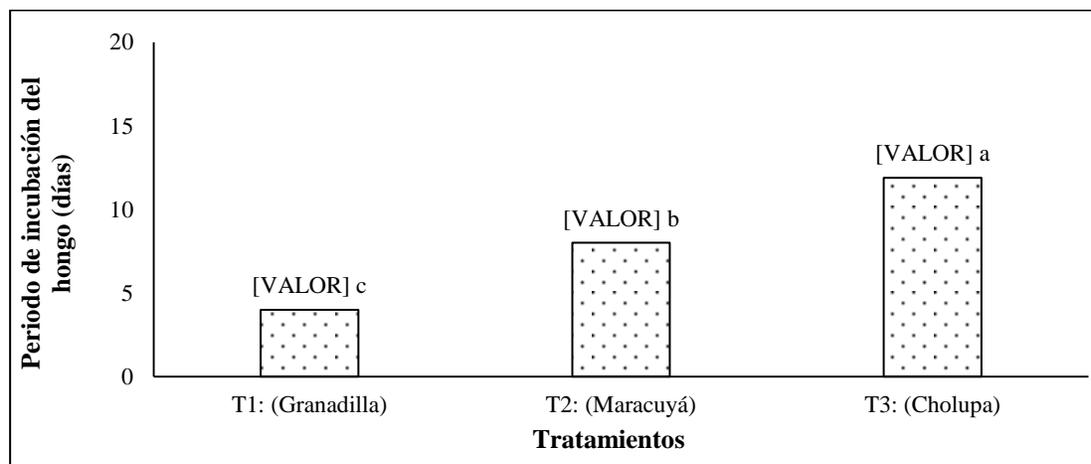
Periodo de incubación del hongo (días)

En cuanto al resultado del análisis de varianza, reporta que para el periodo de incubación del hongo (días) existió diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados. El coeficiente de variación fue de 4,64%.

Al analizar los promedios de los tratamientos (figura 3) obtenidos por medio de prueba de Tukey (0,05) se notó que el T1 Granadilla (4 días c) presenta el periodo de incubación más corto, siendo estadísticamente diferente de los otros dos tratamientos, por lo cual es el genotipo más susceptible a *Fusarium sp.* En cuanto al T2 Maracuyá (8 días), se observó que tuvo un periodo de incubación intermedio, lo que sugiere una susceptibilidad moderada a *Fusarium sp.* Finalmente, el T3 Cholupa (11,88 días a) que cuenta con un periodo de incubación más largo, siendo estadísticamente diferente de los otros dos tratamientos, por lo cual se establece que es el genotipo más resistente o tolerante a *Fusarium sp.*

Continuando con este análisis se sostiene que un periodo de incubación más corto (como en la granadilla) indica que el patógeno se establece y comienza a producir síntomas más rápidamente, lo que puede llevar a una progresión más rápida de la enfermedad. Un periodo de incubación más largo (como en la Cholupa) sugiere que el patógeno tarda más en establecerse y producir síntomas, lo que podría dar más tiempo para la activación de las defensas de la planta o la acción de *T. asperellum*.

Figura 3. Promedio de periodo de incubación del hongo (días) en la investigación “*Trichoderma asperellum* en el control de *Fusarium sp.*, en genotipos de *Passifloras*”.



Severidad de la enfermedad

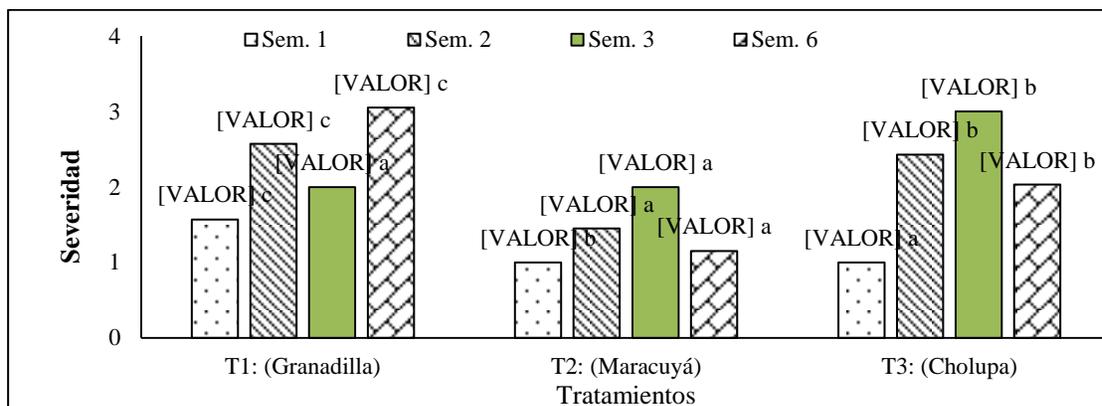
El análisis de varianza reporta que para severidad de la enfermedad existió diferencias significativas ($p < 0,05$), a la 1era, 2da, 3era y 6ta semana entre los tratamientos evaluados. Los coeficientes de variación fueron de 0,00; 2,47; 0,00 y 16,44%.

En la figura 4, se aprecia que en la semana 1 se pudo observar que la Granadilla mostró síntomas leves, entre ausencia y marchitez moderada, por otro lado, la Maracuyá, al igual que la Cholupa, no presentaron síntomas aparentes; en esta etapa, la Granadilla parece ser la más susceptible inicialmente. En la semana 2, se pudo observar una progresión significativa, acercándose a marchitez severa en la Granadilla, posteriormente se pudo observar un ligero incremento, pero aún con síntomas leves en lo que respecta a la Maracuyá. Por consiguiente, se pudo observar que la Cholupa presentó un aumento considerable, casi alcanzando a la Granadilla, de modo que, la Granadilla mantiene la mayor susceptibilidad, al contrario de la Cholupa, que muestra un rápido incremento en la severidad.

En la semana 3, la Granadilla presentó una marchitez moderada y estabilizada. La Maracuyá alcanzó el nivel de la Granadilla, y la Cholupa presentó una marchitez severa, superando a las otras especies. Con este análisis se pudo observar un cambio importante con la Cholupa mostrando la mayor severidad. Finalmente, en la semana 6, se observó en la Granadilla una marchitez severa, mientras que en la Maracuyá se obtuvo una mejora significativa, casi regresando a la ausencia de síntomas, con respecto a la Cholupa se obtuvo una mejora en los síntomas, volviendo a marchitez moderada.

Con los resultados obtenidos de esta variable, se puede resaltar que los tres genotipos muestran diferentes patrones de susceptibilidad a lo largo del tiempo, como lo es la Granadilla, la cual muestra una susceptibilidad inicial alta y continúa empeorando hasta la semana 6, por otro lado, en la Maracuyá, se lo puede observar inicialmente resistente, empeorando hasta la semana 3, para luego mostrarse con una notable recuperación en la semana 6, sugiriendo una posible acción efectiva de *Trichoderma asperellum*. En lo que respecta a la Cholupa, se presentó inicialmente resistente, pero rápidamente desarrolló síntomas severos en la semana 3. Sin embargo, mostró una mejora en la semana 6, aunque no tan dramática como en la Maracuyá.

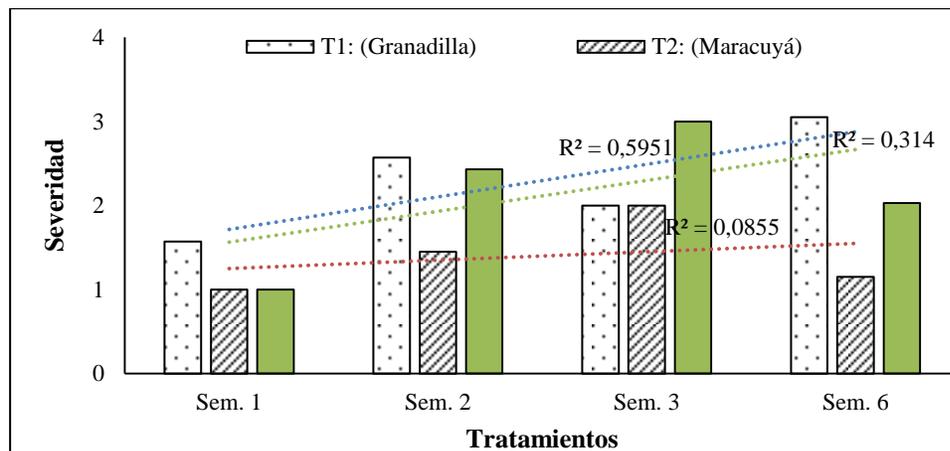
Figura 4. Comportamiento de la severidad de la enfermedad en función del tiempo de evaluación en la investigación *Trichoderma asperellum* en el control de *Fusarium sp.*, en genotipos de Passifloras.



El siguiente análisis es a nivel de correlación de los tratamientos en función del tiempo de evaluación, partiendo con el genotipo de Granadilla (T1), $R^2 = 0,5951$; siendo el valor de R^2 más alto entre los tres tratamientos, lo cual indica que aproximadamente el 59.51% de la variabilidad en la severidad de la enfermedad puede explicarse por el paso del tiempo, además se sugiere una relación moderadamente fuerte entre el tiempo y la progresión de la enfermedad en Granadilla: Esto implica que el efecto de *T. asperellum* en el control de *Fusarium sp.* en Granadilla tiene una tendencia más predecible y consistente a lo largo del tiempo (Figura 5).

Respecto a la Maracuyá (T2), $R^2 = 0,0855$; el valor de R^2 es el más bajo de los tres tratamientos, lo cual indica que solo el 8.55% de la variabilidad en la severidad de la enfermedad puede atribuirse al paso del tiempo, esto sugiere una relación muy débil entre el tiempo y la progresión de la enfermedad en Maracuyá. Por último, la Cholupa (T3), $R^2 = 0,314$ con el valor de R^2 situándose entre los otros dos tratamientos, lo que implica que aproximadamente el 31.4% de la variabilidad en la severidad de la enfermedad puede explicarse por el paso del tiempo. Por consiguiente, sugiere una relación débil a moderada entre el tiempo y la progresión de la enfermedad en Cholupa, esto implica que el efecto de *T. asperellum* en el control de *Fusarium sp.* en Cholupa tiene una predictibilidad moderada a lo largo del tiempo (Figura 5).

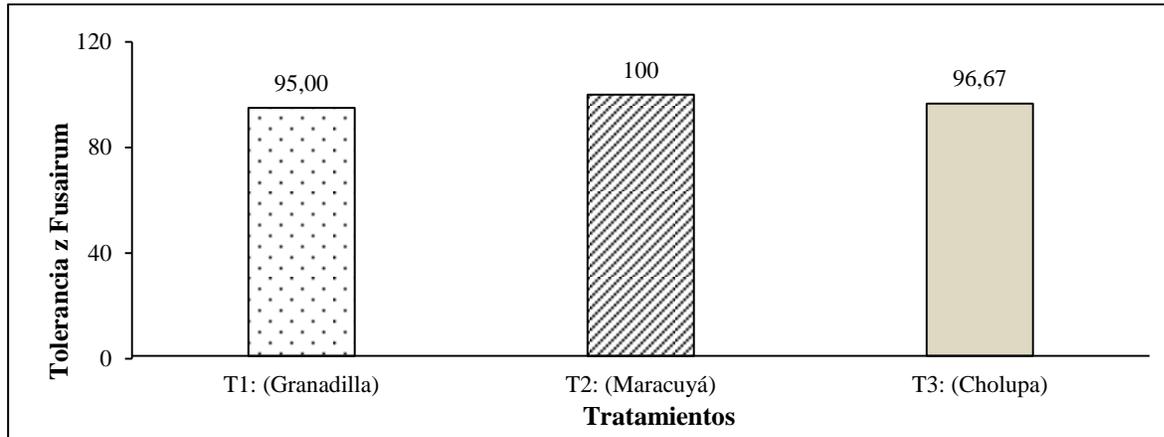
Figura 5. Comportamiento de la severidad de la enfermedad en función del tiempo de evaluación en la investigación *Trichoderma asperellum* en el control de *Fusarium sp.*, en genotipos de Passifloras.



Como se muestra en la figura 6, la Maracuyá (T2) presentó el resultado más impresionante, con una tolerancia total a la enfermedad. Este porcentaje sugiere que todas las plantas de Maracuyá tratadas con *T. asperellum* resistieron la infección por *Fusarium sp.*, además, indica una excelente sinergia entre *T. asperellum* y los mecanismos de defensa naturales de la Maracuyá.

Con respecto a la Granadilla (T1), se observó un alto nivel de tolerancia a la enfermedad después del tratamiento con *T. asperellum*. Este porcentaje indica que el 95% de las plantas de Granadilla tratadas mostraron resistencia o tolerancia a *Fusarium sp.*, aunque no es el porcentaje más alto, sigue siendo un resultado muy positivo en términos de control de la enfermedad. Por último, la Cholupa (T3) en el cual se muestra un nivel muy alto de tolerancia, ligeramente superior a la granadilla. Este porcentaje indica que aproximadamente 97 de cada 100 plantas de la Cholupa (T3) tratadas mostraron resistencia a *Fusarium sp.* Esto representa un resultado muy positivo en términos de control de la enfermedad.

Figura 6. Promedio de tolerancia a *Fusarium sp.* en la investigación *Trichoderma asperellum* en el control de *Fusarium sp.*, en genotipos de Passifloras.

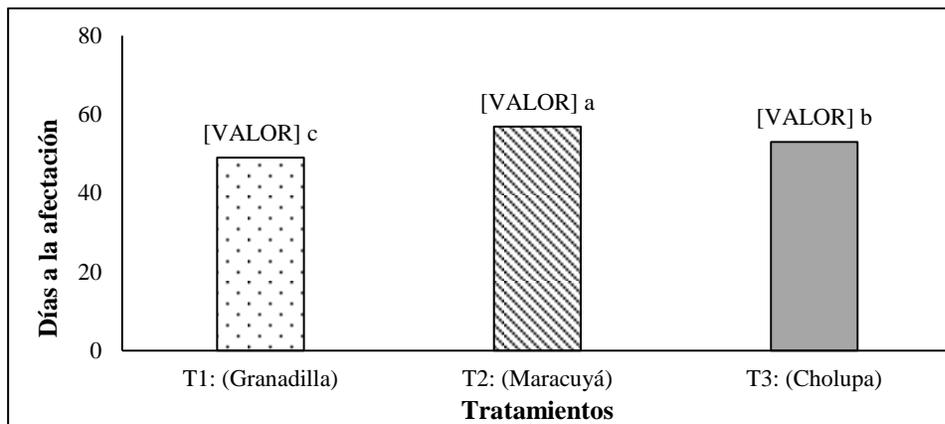


Días a la afectación

En el análisis de varianza de la variable días a la afectación en la cual se aprecian diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0,05$). El coeficiente de variación fue de 0,70%. Al evaluar el tiempo transcurrido desde la inoculación de *F. oxysporum* (día 45 después de la siembra) hasta la aparición de síntomas en los tratamientos (Figura 4), se observa que en la Granadilla (T1) con un resultado de (49,00 días), fue el que más rápido presentó síntomas. Esto sugiere que, a pesar del tratamiento previo con *T. asperellum*, la granadilla parece ser el genotipo más susceptible a *F. oxysporum* (Figura 7).

Entre tanto, la Maracuyá (T2) con un resultado de 56,88 días, tardó más tiempo en mostrar síntomas, siendo el más resistente de los tres genotipos; en este sentido, este resultado indica que el tratamiento con *T. asperellum* es más efectivo en la Maracuyá, proporcionando una mejor protección contra *F. oxysporum*. Además, la diferencia de casi ocho días respecto a la Granadilla es significativa en términos de resistencia a la enfermedad (Figura 7). Finalmente, en la Cholupa (T3) con 53,00 días, mostró un comportamiento intermedio entre la Granadilla y la Maracuyá. Con este análisis se sugiere que *T. asperellum* tuvo un efecto moderado en la protección de la Cholupa contra *F. oxysporum* (Figura 7).

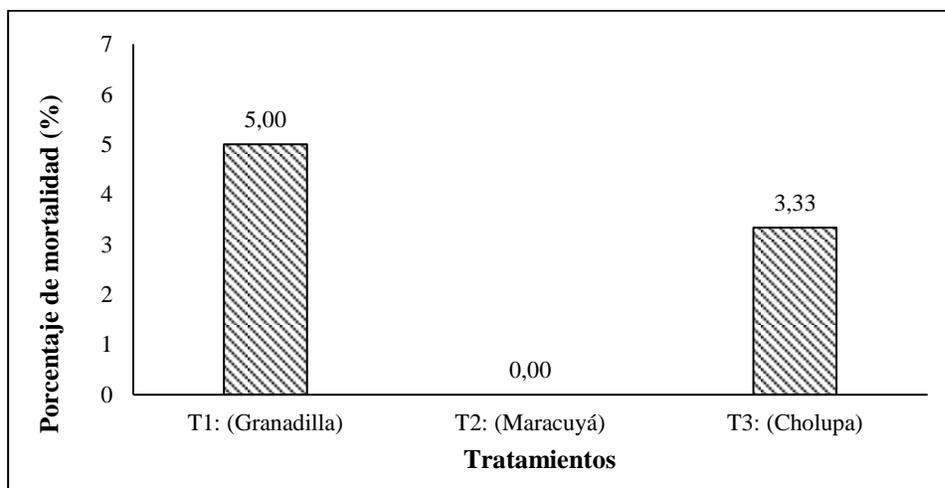
Figura 7. Promedio de los días a la afectación en los diferentes días de evaluación en la investigación *Trichoderma asperellum* en el control de *Fusarium sp.*, en genotipos de Passifloras.



Porcentaje de mortalidad (%)

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar un bajo porcentaje de mortalidad (%) en todos los tratamientos, lo cual es una indicación positiva en términos de efectividad del tratamiento con *Trichoderma asperellum* en el control de *Fusarium oxysporum*. En primer lugar, la Granadilla (T1), presentó el mayor porcentaje de mortalidad, alcanzando un 5%, seguido de la Maracuyá (T2), no se registró mortalidad en este tratamiento, por consiguiente, la Cholupa (T3) presentó un porcentaje de mortalidad intermedio, alrededor del 3.33%.

Figura 8. Porcentaje de mortalidad de evaluación en la investigación *Trichoderma asperellum* en el control de *Fusarium sp.*, en genotipos de Passifloras.



Discusión

Las diferencias en los periodos de incubación podrían deberse en parte a la interacción entre *T. asperellum* y los diferentes genotipos de Passiflora. Es posible que *T. asperellum* sea más efectivo en retrasar el establecimiento de *Fusarium sp.* en Cholupa, seguido por maracuyá y menos efectivo en granadilla, siendo menores a lo reportado por García et al. (2018), quienes señalan que los métodos de inoculación empleados en control de *Fusarium sp.* reportaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,01$), en la incidencia de la enfermedad con valores que no se acrecentaron en ningún método a partir del día 22 después de la inoculación.

Los resultados de severidad de la enfermedad muestran una variabilidad significativa en la respuesta de los genotipos de Passifloras al tratamiento con *T. asperellum* para el control de *Fusarium sp.*, en la cual la Maracuyá (T2) fue la mejor y la Granadilla (T1) la peor. Efecto similar lo obtuvo Bolaños et al. (2019), quienes mencionan que la severidad de *Fusarium oxysporum* varió en función de los tratamientos, existió mayor severidad en donde no se aplicó las bacterias ácido lácticas; concluyendo que existe una estrecha relación entre la mortalidad total y la severidad de *Fusarium oxysporum*. Esto demuestra la gravedad de la enfermedad pues representa el 98,9% de las causas de muerte de las plantas en los tratamientos testigos.

El resultado de días a la afectación según el genotipo, demuestra que *T. asperellum* tiene un potencial significativo como agente de biocontrol preventivo contra *F. oxysporum* en Passifloras, con una eficacia variable; es así que la Maracuyá (T2), muestra la mejor respuesta al tratamiento, seguido por la Cholupa (T3), mientras que la Granadilla (T1) parece requerir estrategias de manejo adicionales o modificadas. Efecto similar lo consiguió González (2014), quien señala que con el uso de *Trichoderma harzianum* (Rifai) Cepa A34, logró reducir la incidencia de las pudriciones en la base del tallo con un 35 % de plantas afectadas, lo que muestra la efectividad del tratamiento en comparación con el testigo que se mantuvo con el 100% de plantas afectadas.

Los resultados de mortalidad sugieren que el tratamiento con *Trichoderma asperellum* fue altamente efectivo en reducir este parámetro causado por *Fusarium sp.* en los tres genotipos de Passiflora evaluados, siendo la Maracuyá el tratamiento donde no se registró mortalidad, similar a lo reportado por Patiño y Pérez (2021) quienes registraron una mortalidad de tan solo el 6,5 %, con de Cholupa, Maracuyá morado y amarillo. En las plantas resistentes no se registró mortalidad después de la inoculación con el patógeno en cinco genotipos de maracuyá (*P. edulis f. flavicarpa*), 2 accesiones de Cholupa silvestre y control negativo Uchuva (*Physalis peruviana* L.)

Conclusiones

El genotipo Maracuyá (T2) presentó una tolerancia total a la enfermedad (100%), es decir que todas las plantas de Maracuyá tratadas con *T. asperellum* resistieron la infección por *Fusarium sp.*

Los resultados muestran una severidad significativa de los genotipos de Passifloras con tratamiento con *T. asperellum* para el control de *Fusarium sp.*, siendo al término del ensayo (semana 6), que se observó en la Granadilla una marchitez severa, mientras que en la Maracuyá se obtuvo una mejora significativa, casi regresando a la ausencia de síntomas, con respecto a la Cholupa se obtuvo una mejora en los síntomas, volviendo a marchitez moderada.

El análisis de severidad en función del tiempo de evaluación, establece que el genotipo Maracuyá (T2) con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,0855$ fue el más bajo de los tres tratamientos, lo cual indica que solo el 8.55% de la variabilidad en la severidad de la enfermedad no puede atribuirse al paso del tiempo, por la relación muy débil entre el tiempo y la progresión de la enfermedad en Maracuyá.

El genotipo Granadilla (T1) presentó el mayor porcentaje de mortalidad, alcanzando un 5%, seguido de la Cholupa (T3), con un porcentaje de mortalidad intermedio alrededor del 3.33% y finalmente, la Maracuyá (T2), que no se registró mortalidad en este tratamiento, por consiguiente, el mejor tratamiento.

Referencias

- Andrade, P., Rivera, M., Landero, N., Silva, H., Matínez, S., & Romero, O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma spp.* en la agricultura: una perspectiva en el campo mexicano. *Revista Argentina de Microbiología*, 55(4), 366-377. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.005>
- Bernardes, R. (2015). Residuos orgánicos en el control de *Fusarium oxysporum f. sp. passiflorae* en maracuyá amarillo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). *Revista Acta Biológica Colombiana*, 20(3), 111-120. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-548X2015000300009&lng=es&nrm=iso
- Bolaños, M., Zambrano, C., & Ojeda, N. (2019). Evaluación de cinco dosis de bacterias ácido para el control de *Fusarium* (*Fusarium oxysporum F. passiflorae*), en el cultivo de la maracuyá (*Passiflora edulis*). *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, ALFA*, 3(9). <https://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/view/68>

- Esquerre, B., Rojas, C., Llatas, S., & Delgado, G. (2014). El género *Passiflora* l. (passifloraceae) en el Departamento de Lambayeque, Perú. *Botanica Malacitana*, 39. 55-70. <https://revistas.uma.es/index.php/abm/article/view/2576/2382>
- García, C., Robledo, J., & Castaño, J. (2018). Comparación de dos métodos de inoculación de *Fusarium solani* f. sp. *passiflorae* en plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Act. & Div. Cient.* 21(1), 23-31.: <https://pdfs.semanticscholar.org/b8c1/5d809e1e3f4c3578386ba52cc3229db73b1f.pdf>
- González, T. (2014). *Disminución de la producción en el Maracuyá (Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Degener)*. <http://rein.umcc.cu/handle/123456789/629>
- Joy, P. (2010). *Passion fruit (Passiflora edulis Sims)*. https://kau.in/sites/default/files/documents/passion_fruit-passiflora_edulis_sims-passifloraceae.pdf
- Lizcano, M. (2007). Evaluación de la actividad antifúngica del extracto detomillo (*Thymus vulgaris*) contra *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum* . https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57367460/tesis100-libre.pdf?1536867578=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMARIA_CAROLINA_LIZCANO_GONZALEZ_T_RABAJO.pdf&Expires=1723119079&Signature=FiLHHIJIMPsiG~9BThsDM416YNXs wybaEKgKe1IGuw8tSC02Iupu7M
- Mejia, M., Reyes, A., Cristobal, A., Tun, J., Borges, L. d., & Pacheco, J. (2016). *Bacillus spp. en el control de la marchitez causada por Fusarium spp. en Capsicum chinense*. Obtenido de *Revista mexicana de fitopatología*, 34(3), pag 208-222.: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092016000300208
- Michaelse, C., & Rep, M. (2009). *Pathogen profile update: Fusarium oxysporum*. Obtenido de *Molecular plant pathology*, 10(3), pag 311-324: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6640313/>
- Molano, Z. M. (2020). *Avances en el estudio de la fenología de la cholupa (Passiflora maliformis L.) en zonas productoras de Colombia*. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 14(1). https://www.researchgate.net/publication/346322898_Progress_in_the_study_of_phenology_cholupa_Passiflora_maliformis_L_in_producing_areas_of_Colombia

- Patiño, M., & Pérez, O. (2021). *Evaluación de la resistencia de genotipos de Passifloras a Fusarium solani f.sp. passiflorae en granadilla. Revista Entramado*, 17 (2). http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-38032021000200256&script=sci_arttext
- Quiroga., R. M. (2012). Microorganismos rizosféricos, potenciales antagonistas de Fusarium sp. causante de la pudrición radicular de maracuyá (*Passiflora edulis Sims*). *Acta Agronómica*, 61(3), 265-272. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122012000300008
- Rios, T., Varguez, A., & Martínez, Z. (2021). Control biológico de *Fusarium oxysporum*, agente causal de la pudrición del corno en gladiolo, mediante estreptomicetos. *Rev. mex. Fitopatol.*, 39(3). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092021000300391#:~:text=oxysporum%20GL1%20\(C\),seca%20y%20oscura%20\(E\)](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092021000300391#:~:text=oxysporum%20GL1%20(C),seca%20y%20oscura%20(E)).
- Vargas, H., Rueda, E., & Gilchrist, E. (2017). *Actividad antagónica de Trichoderma asperellum (Fungi: Ascomycota) a diferentes temperaturas. Revista Actualidades Biológicas*, 34 (96), 104: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/14245>
- Villa, A., Pérez, R., Morales, H., Basurto, M., Soto, J., & Martínez, E. (2015). Situación actual en el control de Fusarium spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*, 64(2), 194-205. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122015000200011