



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,
como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Manejo de la enfermedad Marchitez por *Fusarium (Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici)* en el cultivo de tomate de mesa”.

AUTOR:

Julio Armando Guerra Sánchez

TUTOR:

Ing. Agr. Joffre León Paredes. MBA

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2021

RESUMEN

El documento detalla sobre el manejo de la enfermedad Marchitez por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) en el cultivo de tomate de mesa. El hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. provoca marchitez en la planta y muerte prematura del cultivo, causando pérdidas económicas a los agricultores. Entre las conclusiones se detalla que sembrar cultivares resistentes a enfermedades, a fin de bajar la incidencia en las plantaciones, provocadas por *Fusarium oxysporum* f. sp.; la aplicación foliar de miel de abeja a las plántulas de tomate de cáscara favoreció la producción de frutos en presencia de *Fusarium oxysporum*. La combinación foliar de silicio y miel de abeja disminuyó la severidad de daño por *Fusarium oxysporum*; la naturaleza enzimática del efecto de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* en tomate y indican que la reducción de la marchitez en las plantas resistentes podría deberse a la desactivación de las enzimas por efecto de las catequinas presentes en éstas; los principales modos de acción de los aislamientos de *T. harzianum* fueron parasitismo y competencia de nutrientes y espacio, ya que se desarrollaron rápidamente, superando el crecimiento de *F. oxysporum*, impidiendo el desarrollo normal e inhibiendo en más del 50% su desarrollo y se identificó a *F. oxysporum* como agentes causales del marchitamiento del tomate y se logró diferenciar la sintomatología inducida por cada uno de estos patógenos, la cual permitirá realizar un diagnóstico correcto del organismo causante de la enfermedad, pues de esto depende en mucho la elección de un método de manejo apropiado que pueda evitar daños severos al cultivo.

Palabras claves: tomate, *Fusarium oxysporum* f. sp., *T. harzianum*.

SUMMARY

The document details on the management of Fusarium wilt disease (*Fusarium oxysporum* f. Sp. *Lycopersici*) in table tomato cultivation. The fungus *Fusarium oxysporum* f. sp causes wilting of the plant and premature death of the crop, causing economic losses to farmers. Among the conclusions it is detailed that planting cultivars resistant to diseases, in order to lower the incidence in the plantations, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp .; Foliar application of honey to husk tomato seedlings favored fruit production in the presence of *Fusarium oxysporum*. The foliar combination of silicon and honey decreased the severity of damage by *Fusarium oxysporum*; the enzymatic nature of the effect of *F. oxysporum*f. s p. *lycopersici* in tomato and indicate that the reduction of wilting in resistant plants could be due to the deactivation of the enzymes due to the effect of the catechins present in them; the main modes of action of *T. harzianum* isolates were parasitism and competition of nutrients and space, since they developed rapidly, surpassing the growth of *F. oxysporum*, preventing normal development and inhibiting its development by more than 50% and identified *F. oxysporum* as causative agents of tomato wilting and it was possible to differentiate the symptoms induced by each of these pathogens, which will allow a correct diagnosis of the organism causing the disease to be made, since the choice of a proper management method that can avoid severe damage to the crop.

Keywords: tomato, *Fusarium oxysporum* f. sp., *T. harzianum*

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. Definición del tema caso de estudio	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. General	5
1.4.2. Específicos.....	5
1.5. Fundamentación teórica.....	5
1.5.1. Generalidades del cultivo de tomate	5
1.5.2. Generalidades del Fusarium	7
1.5.3. Sintomatología que presenta la enfermedad	11
1.5.4. Manejo integrado de la marchitez.	15
1.6. Hipótesis	23
1.7. Metodología de la investigación	23
CAPÍTULO II.....	24
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2.1. Desarrollo del caso	24
2.2. Situaciones detectadas	24
2.3. Soluciones planteadas	24
2.4. Conclusiones	25
2.5. Recomendaciones	26

INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate de mesa en Ecuador es de mucha importancia porque forma parte de la canasta básica familiar y genera gran valor para la agricultura de nuestro país. Además su consumo per cápita va en aumento por las tendencias modernas de alimentación, sin embargo continuamente existe preocupación por los patógenos que atacan al cultivo causando enfermedades altamente virulentas que afectan su desarrollo y afectan la calidad y durabilidad de los productos cosechados y por ende más bajos.

La enfermedad de la marchitez en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* tiene amplia distribución en el mundo. El patógeno es un habitante del suelo que también puede diseminarse por semilla. Las especies de *Fusarium* causantes de marchitez siguen un patrón similar de infección; penetran por la raíz y colonizan en el tallo de las plantas el sistema vascular (Rodríguez y Montilla 2016).

La enfermedad de marchitez causa pérdidas entre 21 y 47 % en cultivos a libre exposición y bajo cubierta. Cuando este patógeno ataca plántulas ocasiona mal del talluelo, que es favorecido por la carencia de lignina en el tallo, lo que las hace más susceptibles, permitiendo que el patógeno alcance rápidamente los vasos del xilema, causando la destrucción y el colapso del tejido. El tejido vascular de una planta enferma se torna de color pardo oscuro, siendo más notable en el punto de unión del peciolo con el tallo. Este color es característico de la enfermedad y se emplea para su identificación; la médula permanece sana y, ocasionalmente, ocurre infección en el fruto, que se puede detectar por la decoloración del tejido vascular dentro de él (Bravo *et al.* 2017).

Las enfermedades de raíz en el cultivo de tomate de mesa, causan grandes problemas en el desarrollo del cultivo, ocasionando pérdidas económicas para el agricultor. El manejo de microorganismos benéficos que actúan con respecto a otros como inhibidores, antagonistas o parásitos son muy importantes para la agricultura ecológica, ya que estos organismos

naturales pueden regular el desarrollo de los patógenos. Entre ellos se destaca *Trichoderma* sp. con el cual se evalúa dos especies de *Trichoderma* (*T. harzianum* (Rifai) y *T. koningii* (Qudem)), para el manejo de *Phythium* sp y *Fusarium* sp en el cultivo del tomate a nivel radicular (Encalada 2016).

La eficacia de los fungicidas en el control o manejo de la marchitez no está comprobada, sin embargo se han encontrado resultados positivos con el control biológico o con el uso de microorganismos benéficos (Salazar *et al.* 2017).

El presente documento tuvo como finalidad establecer el manejo de la Marchitez por *Fusarium* en el cultivo de tomate de mesa.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento hace referencia al manejo de la enfermedad Marchitez por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) en el cultivo de tomate de mesa.

Es necesario buscar alternativas o métodos de control que reduzcan la infestación en el cultivo de tomate y por consiguiente incremente los rendimientos.

1.2. Planteamiento del problema

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) representa una hortaliza de consumo elevado tanto a nivel mundial, como nacional, sin embargo la plantación se ve afectada por múltiples problemas, entre los que se destacan la incidencia de plagas y enfermedades.

Las enfermedades causan pérdidas en el rendimiento, especialmente *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, que es un patógeno del suelo que causa marchitez en la planta y si no se controla puede provocar la muerte.

La utilización de fungicidas químicos, si bien controlan la enfermedad, debido a las dosis elevadas y a los productos no adecuados, ha permitido que cause contaminación del suelo y deterioro del medio ambiente.

1.3. Justificación

El tomate es una especie hortícola originaria de América. El centro de máxima diversidad está localizado en una estrecha área de la Costa Pacífica, desde Ecuador (0⁰ latitud) hasta la parte norte de Chile (39⁰ Latitud sur) y entre

el mar Pacífico y los Andes, en altitudes que varían entre 0 a 2000 m (Cabrera 2017).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas más consumidas en el mundo y es atacado por numerosas enfermedades, entre ellas el marchitamiento vascular, provocado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. El patógeno, al ser habitante del suelo, es de difícil manejo. Una vez que el suelo está infestado, puede permanecer indefinidamente con el patógeno. Debido al cultivo sucesivo de tomate en un mismo campo la población del hongo aumenta y, en consecuencia, la incidencia de la enfermedad. Aún no se han establecido umbrales para daños económicos o sistemas de predicción, pero se sabe que algunas condiciones del suelo reducen la incidencia de la enfermedad, como un pH alto o una población alta de microorganismos antagonistas. Se han reportado numerosas prácticas de manejo, especialmente enfocadas hacia el suelo (Vásquez *et al.* 2017).

Dentro de las estrategias de manejo están la aplicación de fumigantes, como N-metil ditiocarbamato de sodio, desinfección de semilla con ácido clorhídrico al 1 %, uso de cultivares resistentes y prácticas culturales, como embolsado conteniendo suelo esterilizado, solarización, rotación de cultivos y desinfestación de estacones. La desinfestación del suelo con bromuro de metilo era la práctica más común hasta que su uso fue proscrito, debido a que, en 1993, el Protocolo de Montreal clasificó a este producto como degradador del ozono clase I, ordenando su retiro del mercado. El uso de variedades resistentes reduce la incidencia de la enfermedad; sin embargo, la emergencia de nuevas razas del hongo y de nuevos biotipos dentro de las razas, supera su resistencia, conllevando a la búsqueda de nuevas estrategias (Bravo *et al.* 2017).

La presión por prácticas sostenibles transversales a los organismos reguladores y la resistencia a los funguicidas está obligando a utilizar alternativas frente a los agroquímicos, tomado el control biológico como una

opción efectiva, teniendo una comprensión clara del ecosistema y sus limitantes, como las bacterias promotoras de crecimiento vegetal o el uso de microorganismos benéficos que además de promover el crecimiento de las plantas reduce o controla las enfermedades en el cultivo de tomate de mesa (Palacios 2016).

Por lo antes expuesto se justifica la realización del presente documento.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Recopilar información sobre el manejo de la enfermedad de la marchitez por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) en el cultivo de tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

1.4.2. Específicos

- Describir la sintomatología que presenta la enfermedad de la marchitez del tomate causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.
- Identificar las medidas aplicadas para el manejo integrado de la enfermedad.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Generalidades del cultivo de tomate

Moreira *et al.* (2018) relata que:

El cultivo de tomate para mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill) representa una alternativa de diversificación agrícola para las regiones del trópico seco. La siembra de este cultivo no sólo favorecería la rotación en el uso del suelo, que, contribuiría a incrementar la eficiencia agroeconómica de los sistemas productivos basados en cereales.

Ascencio (2018) refiere que:

El tomate cultivado (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es considerado como una de las hortalizas de mayor importancia en muchos países del mundo, por el gran número de productos que se obtienen. Mundialmente ocupa el segundo lugar en importancia entre las hortalizas debido a su nivel de producción, la cual es superada solamente por el cultivo de la papa.

Intriago *et al.* (2019) plantea que: “La producción de tomate se ve afectada por varios factores entre ellos problemas fitosanitarios, lo que se caracteriza por tener un amplio rango de hospederos especialmente en países tropicales y subtropicales”.

Para Moreira *et al.* (2018):

Los cultivares comerciales de tomate para mesa en condiciones de alta temperatura, presentan problemas tanto de cuaje como de calidad del fruto. La poca producción de frutos bajo las condiciones de alta temperatura se atribuye, entre otros, a la baja producción, liberación y viabilidad del polen, así como a un pobre desarrollo del tubo polínico.

González (2016) menciona que:

El tomate (*Solanum lycopersicon* L.) es considerado una de las hortalizas de mayor importancia en muchos países del mundo, ocupando el segundo lugar solo superado por el cultivo de la papa. Entre las enfermedades más importantes que afectan a este cultivo se encuentra la marchitez vascular, cuyo agente causal es *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.).

Guédez (2016) manifiesta que: “El tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) es uno de los cultivos hortícolas con mayor área cultivada a nivel mundial y, dada su importancia económica, es necesario realizar un buen manejo de plagas y enfermedades, para mantener la demanda requerida”.

Sandoval y Lomas (2016) informan que:

En Ecuador, la producción de tomate de mesa (*Lycopersicum esculentum* Mill), ocupa el cuarto lugar en importancia por área sembrada dentro del cultivo de hortalizas con 3333 hectáreas, una producción total de 61426 toneladas métricas y un promedio de 18,4 t/ha. Entre las causas de la disminución de los rendimiento se aduce a un incremento de la incidencia de enfermedades e insectos plagas.

Salazar (2016) indica que:

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) representa uno de los principales cultivos tanto a nivel mundial como nacional, debido a la importancia que tiene para el consumo fresco así como para su utilización en la agroindustria. Sin embargo, cada año los rendimientos son afectados en gran parte por la incidencia de enfermedades causadas por hongos del suelo.

Fernández (2016) expresa que:

Las enfermedades que afectan al tomate constituyen una limitante para su producción en muchas partes del mundo, sobre todo cuando no se utilizan cultivares con resistencia. Actualmente existen cerca de 58 enfermedades de causas y etiologías diversas que atacan a este cultivo. Entre estos, destacan por su importancia los hongos fitopatógenos, los cuales presentan una gran variación morfológica, patogénica y de adaptación a diversas condiciones climáticas, por lo cual tienen la capacidad de atacar al cultivo en diferentes etapas de desarrollo.

1.5.2. Generalidades del Fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*)

Rodríguez y Montilla (2016) expone que:

La marchitez en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) causada por *Fusarium oxysporum* sp. *lycopersici* (Sacc.) tiene amplia distribución en el mundo. El patógeno es un habitante del suelo que también puede diseminarse por semilla. Los *Fusarium* causantes de marchitez siguen

un patrón similar de infección; penetran por la raíz y colonizan en el tallo de las plantas el sistema vascular. Sin embargo, la colonización, se restringe tanto en cultivares resistentes como susceptibles a la región de entrada inicial del patógeno, debido a la oclusión de los vasos por geles, deposiciones de calosa y tilosas.

Martínez (2020) explica que:

La marchitez por *Fusarium* es una enfermedad causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Fusarium odoratissimum*). Actualmente, según, con capacidad de producir estructuras de resistencia (clamidosporas), constantemente liberadas al invadir el huésped, que puede o no mostrar síntomas visibles. Las clamidosporas le permiten al patógeno adaptarse a condiciones extremas y perpetuarse en el suelo en ausencia de hospederos por más de veinte años, lo que limita su control.

González (2016) estima que:

Las pérdidas en los rendimientos de hasta un 60 %, afectando también la calidad del producto. Esta enfermedad afecta al menos 32 países en gran diversidad de condiciones, informándose hasta el momento, tres razas, las cuales se distinguen por su virulencia en materiales que contienen genes de resistencia.

Fasio *et al.* (2016) divulga que:

Aunque se conocen al menos 10 enfermedades radiculares vasculares del tomate, la más importante en la actualidad por su impacto y distribución, es el marchitamiento vascular o fusariosis (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*). Esta enfermedad es más agresiva en climas cálidos y suelos con textura arenosa; sin embargo, fuertes infecciones en cultivares susceptibles se han reportado bajo condiciones de invernaderos.

Mejía (2016) difunde que:

La reducción del rendimiento del cultivo está asociada a la presencia de

fitopatógenos. El género *Fusarium* es uno de los fitopatógenos más importantes asociados al marchitamiento y a la reducción del rendimiento. *Fusarium* spp. y *F. oxysporum* fueron los hongos con mayor frecuencia asociados a marchitez en un 100 % de muestras.

Villa *et al.* (2016) determinan que:

Los hongos del género *Fusarium* son ascomicetos filamentosos y cosmopolitas, tienen un micelio bien desarrollado, septado y conidióforos característicos, aunque algunas especies tienen un talo unicelular. Son considerados principalmente como hongos de campo, ya que causan un sinnúmero de enfermedades en cultivos. Sus daños desencadenan en el hospedante una serie de afecciones generalmente de carácter irreversible, originando pérdidas económicas considerables.

Martínez (2020) destaca que:

El hongo puede colonizar malezas y otras plantas sin interés económico, y crecer saprofiticamente en desechos, lo que aumenta el potencial de producción de clamidosporas. Puede diseminarse por distintos medios, a través de diferentes estructuras del patógeno (hifas, conidios, clamidosporas), para dar inicio a la enfermedad de carácter sistémico, que termina con la muerte de la planta.

Villa *et al.* (2016) describen que:

Los hongos del género *Fusarium* son ampliamente conocidos alrededor del mundo, y se han convertido en un problema serio ya que producen metabolitos tóxicos que ponen en peligro la salud de los seres humanos y de los animales. Además, incluye muchos patógenos de plantas de importancia agrícola que en conjunto ocasionan enfermedades caracterizadas por marchitez, tizones, pudriciones en cultivos ornamentales y forestales en ecosistemas agrícolas y naturales.

Báez (2016) definen que:

Entre las enfermedades del tomate que afectan a la raíz, destaca la

marchitez o fusariosis, ocasionada por el hongo *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *lycopersici*. En regiones cálidas, la *Fusariosis* es muy severa en los cultivos de tomate, desarrollados bajo condiciones de campo abierto o protegido, ocasionando fuertes daños en los híbridos que muestran susceptibilidad al ataque de este fitopatógeno.

De acuerdo a Salazar (2016):

Entre estos hongos se presenta *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, causante de la fusariosis o marchitez del tomate, el cual se ha reportado en diferentes siembras. Debido a la importante necesidad de disminuir la incidencia de este patógeno en campo, aunado a la variabilidad que éste presenta en cuanto a razas y al uso irracional de fungicidas, se han desarrollado tecnologías que permiten disminuir de forma efectiva la enfermedad en campo al utilizar productos a base de microorganismos, como por ejemplo especies del hongo *Trichoderma*, que ejerce un efecto de hiperparasitismo sobre este hongo.

Córdova (2016) considera que:

La marchitez vascular del tomate es producida por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. El hongo sobrevive en restos de cultivo de una temporada a otra, es favorecido por temperaturas cálidas y alta humedad relativa. Una respuesta positiva a este problema es la utilización de organismos biocontroladores de enfermedades como *Trichoderma harzianum* y micorriza (VAM).

De Cal (2016) comenta que:

Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici* son importante patógenos vasculares del tomate. Su control es difícil debido a su crecimiento endófito y a su persistencia en el suelo. Los métodos más utilizados para el control de las enfermedades vasculares son la desinfección del suelo con biocidas y la mejora genética. Sin embargo, es importante encontrar nuevas alternativas de control, como el control biológico, que formen parte del control integrado de la enfermedad.

Córdova (2016) asegura que:

La marchitez vascular del tomate, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici, se encuentra distribuida en todo el mundo causando grandes pérdidas en el cultivo. El hongo sobrevive en restos de cultivo de una temporada a otra y posee estructuras de resistencia que le permiten perdurar en el suelo por espacio de seis años. Es favorecido por temperaturas cálidas asociada a alta humedad relativa. El hongo penetra en la planta a nivel del suelo ya sea por el tallo o por las raíces superficiales y luego es trasladado por haces vasculares a toda la planta.

Villa *et al.* (2016) argumenta que:

Como otros fitopatógenos, este hongo emplea diversas estrategias de infección, así también, la especificidad del hospedero depende de cada especie de *Fusarium*. El hongo puede sobrevivir en el suelo como micelio o como esporas en ausencia de sus anfitriones, y si se encuentra cerca una planta hospedera, la infección puede iniciar en las raíces, en partes de la planta por encima del suelo, a través del aire o el agua.

1.5.3. Sintomatología que presenta la enfermedad de la marchitez del tomate causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici.

Fasio *et al.* (2016) afirma que:

Los daños se presentan con mayor severidad cuando las plantas son sometidas a un período de estrés hídrico, principalmente en la etapa de floración y fructificación. Los síntomas más notables ocurren al inicio de la floración, poco después de la formación de los primeros frutos.

González (2016) apunta que:

Los primeros síntomas de la enfermedad son el amarillamiento del follaje, comenzando con la caída de las hojas. Las hojas infectadas posteriormente mostraron un encrespamiento bajo, seguidamente se oscurecen y se secan. La parte superior de la planta se marchita durante el día y se recupera en la noche, pero el marchitamiento empeora hasta

que la planta se marchita completamente observando el oscurecimiento vascular en los tallos y los pecíolos infectados de las hojas grandes. Las plantas afectadas y sus sistemas de raíces se atrofian. El patógeno puede estar en el suelo como saprófito durante muchos años sin un hospedante.

Fasio *et al.* (2016) reportan que:

Los síntomas inician con un amarillamiento en las hojas más viejas, extendiéndose a toda la planta y ocasionando una clorosis que a veces se presenta en las hojas de un sólo lado de la planta, y en ocasiones sólo en la mitad de éstas. Las hojas afectadas se marchitan y mueren, aunque pueden permanecer adheridas al tallo. Si se realiza un corte transversal del tallo, se observa una necrosis vascular de color café en forma de anillo, la cual se extiende hacia la parte apical de la planta de acuerdo con la severidad de la enfermedad, marchitando y matando a las plántulas o plantas adultas.

Según Martínez (2020):

Los síntomas externos, aparecen inicialmente como amarillamiento en los bordes de hojas viejas, que se extiende hacia las más jóvenes. Gradualmente colapsan. Las hojas más jóvenes son las últimas en mostrar los síntomas y, frecuentemente permanecen erectas. El desarrollo de la planta no se detiene por la infección y las hojas que emergen son más pequeñas y descoloridas.

Fasio *et al.* (2016) señalan que:

Las plantas más viejas pueden marchitarse y morir repentinamente; sin embargo, comúnmente muestran achaparramiento, epinastia, amarillamiento de las hojas inferiores, marchitez de las hojas y tallos jóvenes, defoliación, necrosis marginal de hojas y finalmente la muerte de la planta. Cuando las raíces y los tallos son colonizados, los síntomas se muestran como una pudrición necrótica, particularmente sobre las raíces laterales más pequeñas; lo cual acelera el marchitamiento del follaje. Después que la planta muere, el hongo fructifica sobre la

superficie del tallo bajo condiciones de ambiente húmedo.

Villa *et al.* (2016) sostienen que:

Para que la infección se logre con éxito, la interacción entre hongo-planta responde a un proceso donde se deben movilizar diferentes conjuntos de genes para la señalización temprana del hospedero, la adhesión a la superficie de este, la descomposición enzimática de barreras físicas, la defensa contra los compuestos antifúngicos del anfitrión, y la inactivación y la muerte de las células huésped por micotoxinas segregadas.

González (2016) postulan que:

Las especies de *Fusarium* los causantes de marchitez siguen siendo un patrón similar de infección; penetran por la raíz y colonizan en el tallo de las plantas el sistema vascular. Sin embargo, la colonización, se restringe tanto en cultivares resistentes como susceptibles, a la región de entrada inicial del patógeno, debido a la oclusión de los vasos por gomas, deposiciones de calosa y tilosas.

Martínez (2020) agrega que:

Los síntomas internos constan de decoloración vascular, que inicia con amarillamiento en los tejidos vasculares de las raíces y del cormo, que se torna color café y avanza hacia los haces vasculares, siendo indicativo de obstrucción de estos.

Fernández (2016) recomienda que:

Los síntomas que causan estos hongos son varios, como marchitez y clorosis del follaje, debido a una pudrición de los tejidos del cuello de la planta, pudrición del sistema de raíces, las cuales se torna de color café oscuro y finalmente muerte de la planta. Dado que las pudriciones de raíz y cuello son ocasionados por diversos hongos fitopatógenos con origen en el suelo, es importante determinar correctamente al patógeno y su incidencia y, la sintomatología asociada a cada uno de estos hongos en plantas de tomate, con la finalidad de hacer un diagnóstico

correcto del agente causal de la enfermedad, pues de esto depende en mucho la elección de un método de manejo apropiado que pueda evitar daños severos al cultivo.

De Granada (2017) analiza que:

La enfermedad se caracteriza por la aparición unilateral de los síntomas de marchitamiento, acompañada del amarillamiento parcial de las hojas y el doblamiento de los brotes hacia el lado de la planta enferma, a causa de la interferencia en el crecimiento; en estados iniciales en las hojas puede observarse la mitad clorótica y la mitad de un color verde normal. Se observa además un enanismo de los brotes y disminución del crecimiento de la planta. Los síntomas de la enfermedad avanzan afectando la planta hacia arriba hasta causar un marchitamiento generalizado y la muerte.

González (2016) declara que:

En los cultivares susceptibles, la colonización continúa (distribución secundaria) cuando los geles y calosas son degradados por el efecto de enzimas pectolíticas del patógeno y el crecimiento de las tilosas es inhibido. En los cultivares resistentes, flavonoides del tipo de las catequinas y sus productos de oxidación inactivan las enzimas, y la distribución secundaria es confinada a los puntos de infección inicial.

Báez (2016) ratifica que:

Los daños se presentan con mayor severidad cuando las plantas son sometidas a un período de estrés en las etapas de floración y fructificación. La magnitud del daño ocasionada por esta enfermedad en Sinaloa es muy variada, donde se reporta que el rendimiento del tomate cultivado en los lotes infestados, ha disminuido hasta en un 50 % debido al ataque de la enfermedad, tanto en campo abierto como en invernadero.

De Granada (2017) deduce que:

Un aspecto muy importante para el diagnóstico de la enfermedad que la diferencia fácilmente de otras enfermedades vasculares es una

coloración blanquecina, amarillenta o marrón en los haces vasculares y deshilachamiento de los tejidos sin afectar la médula.

Báez (2016) alude que:

Los síntomas inicialmente se presentan con una clorosis foliar en un sector de la planta y a medida que la enfermedad progresa, el amarillamiento se observa de forma gradual en la mayor parte del follaje, ocasionando la marchitez y posteriormente la muerte de la planta, sin producir fruta o en ocasiones es escasa. El tejido vascular en la base del tallo presenta coloración castaño oscuro, extendiéndose hasta el extremo apical del tallo. El color pardo en la parte interna del tallo es característico de la enfermedad, por lo que es utilizado para su identificación, mientras que la médula permanece libre de la infección. La infección del fruto aparece de forma ocasional mediante coloración café oscuro en el tejido vascular.

1.5.4. Manejo integrado de la marchitez.

Villa *et al.* (2016) revelan que:

Desde hace años, el control de las enfermedades fúngicas ha dependido, en gran medida, de los tratamientos con agroquímicos. Sin embargo, su uso representa un severo riesgo para la salud humana y contribuye al aumento de la contaminación al medioambiente. Además, han dado lugar a la aparición de microorganismos altamente resistentes que conducen a enfermedades fúngicas con mayor incidencia que antes. Para reducir este problema, existe la necesidad de buscar y adoptar estrategias que sean accesibles, sencillas de aplicar y no tóxicas para seres humanos y animales.

Mejía (2016) publica que:

El método de control más común de estos patógenos es el uso de fungicidas sintéticos que contaminan el ambiente. Por ello una alternativa de control biológico es el empleo de rizobacterias antagonistas, capaces de ejercer un control de patógenos.

Villa *et al.* (2016) afirma que:

Los métodos alternativos para el control de enfermedades se han estudiado con énfasis en nuevos compuestos derivados de fuentes vegetales, como aceites esenciales y extractos vegetales, como en el principio de los tiempos, ya que son más seguros para los consumidores y el medioambiente, su uso eficaz es contra patógenos resistentes a los plaguicidas y enfermedades de poscosecha.

Rodríguez y Montilla (2016) apuntan que:

La generación de cultivares resistentes constituye el avance más importante en el control de la enfermedad de marchitez, especialmente contra las razas 1 y 2 del hongo, se continúan presentando focos de infección en los cultivos. Por otra parte, la eficacia de los fungicidas en el control de la marchitez no está comprobada, aunque a nivel *in vitro* se han obtenido algunos resultados positivos, así como con control biológico.

Villa *et al.* (2016) argumentan que: “Estudios alrededor del mundo revelan la actividad biológica de algunos metabolitos encontrados en las plantas que pueden ofrecer una alternativa promisoriosa para el control de plagas y enfermedades”.

Según González (2016):

Debido a su gran variabilidad genética y su amplia distribución, el manejo de esta enfermedad resulta difícil. El empleo de inductores de resistencia, biorreguladores y productos de origen botánico se han estudiado para hallar estrategias de manejo efectivas. Otro de los métodos utilizados para su control, es el empleo de variedades resistentes.

Villa *et al.* (2016) publica que:

El control de los organismos fitopatógenos del suelo es de los más difíciles de lograr; para ello se han desarrollado prácticas culturales, control biológico y control químico, siendo este último el más utilizado

por ser económico y eficaz, en comparación con otras medidas.

Rodríguez y Montilla (2016) manifiestan que:

La búsqueda de nuevas alternativas de control que complementen la resistencia genética constituye una de las prioridades actuales en el manejo de la enfermedad. En ese sentido, el uso de productos naturales es una de las medidas en las que se está haciendo énfasis porque permite un control de la plaga con daños mínimos al ambiente. Entre los productos naturales, los extractos de plantas han demostrado tener efectos positivos en el control de patógenos foliares y del suelo.

Villa et al. (2016) mencionan que:

Ante la incesante búsqueda de alternativas más confiables y benéficas para el control de plagas y enfermedades en cultivos, se ha abierto un amplio panorama de investigación en torno al uso de extractos vegetales, aceites esenciales y metabolitos secundarios presentes en plantas, que constituyen hoy en día una alternativa promisoría para contrarrestar el efecto negativo de algunos microorganismos fitopatógenos, por su bajo costo, por ser amables con el medioambiente y la salud en general.

Guédez (2016) expone que:

La protección al medio ambiente y el desarrollo humano sustentable van de la mano. Sin embargo, uno de los problemas más importantes, a nivel mundial, es la conservación del ambiente y la salud humana, por lo que resulta innegable la necesidad de ampliar la investigación sobre la creación y utilización de métodos biológicos para la protección de los cultivos.

Mejía (2016) explica que:

Las rizobacterias activan mecanismos de defensa de las plantas contra fitopatógenos. En rizobacterias que promueven el crecimiento vegetal, se ha observado la reducción de algunas enfermedades en las plantas, y están relacionadas con la capacidad de inducir enzimas de defensa,

como peroxidasas, polifenol oxidasa, fenilalanina amonio liasa, quitinasas y β -1,3 glucanasa, que pueden tener efecto en la reducción de la incidencia y severidad de las enfermedades.

De Granada (2017) estima que:

Las respuestas a la aplicación de fungicidas sistémicos, principalmente de aquellos del grupo de los benzimidazoles, han sido variables debido posiblemente a la aparición de aislamientos resistentes a dichos fungicidas. Por la baja eficiencia del benomil en el control de la enfermedad, dicho fungicida se aplica muy poco. Además el uso repetido del Benomil, se presentó una disminución significativa en la sensibilidad de *Fusarium oxysporum* sp.

Guédez (2016) explica que:

Uno de los métodos utilizado con este propósito es el control biológico a través de antagonistas. Los hongos del género *Trichoderma* poseen buenas cualidades por su versatilidad, adaptabilidad y fácil manipulación, lo que ha permitido su utilización en el manejo de enfermedades de plantas causadas por patógenos fúngicos del suelo, como *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Pythium* y *Fusarium*, entre otros.

Villa *et al.* (2016) expone que:

Las enfermedades de las plantas causadas por este tipo de hongos se hallan entre los factores más importantes que aumentan las pérdidas y afectan los rendimientos de los cultivos. En el tratamiento de enfermedades causadas por *Fusarium* spp. y otros hongos se utilizan fungicidas sistémicos como los benzimidazoles, en este grupo se incluyen el benomil, carbendazim, tiabendazol, y tiofanato. Sin embargo, es probable que estos fungicidas sean agentes mutagénicos de las plantas, así como que pudieran incrementar el grado de resistencia de los patógenos ante su efecto.

De acuerdo a Guédez (2016):

A nivel mundial existen fórmulas comerciales basadas en el uso de especies de *Trichoderma* para el control de hongos fitopatógenos, las cuales no tienen el mismo efecto en todas las regiones agrícolas, debido a la diversidad de condiciones ambientales existentes en la naturaleza, que disminuyen la efectividad de estos productos. Por esta razón, es necesaria la búsqueda de aislamientos de *Trichoderma* autóctonos o nativos de cada región, que tengan efecto en el control de hongos patógenos de plantas bajo nuestras condiciones ambientales.

Villa *et al.* (2016) señalan que:

Numerosos estudios alrededor del mundo han contado sobre la eficacia de las plantas en el control de enfermedades causadas por los hongos del género *Fusarium*, que son incidentes en diversos cultivos. Estudios han sido buenos para la comparación contra fungicidas sintéticos y otros más, que probó extractos acuosos, por arrastre de vapor y etanólicos de ajo (*Allium sativum*), semilla de neem (*Azardiachta indica*), hierba de limón (*Cymogopogon proxims*), comino (*Carum carvi*) y clavo (*Eugenia caryophyllus*), así como el uso de benomilo, y cepas de *Trichoderma* spp., contra *Fusarium oxysporum*, donde los extractos acuosos de todas las especies vegetales se destacaron con una eficacia mayor del 60%, pero fue el extracto acuoso de ajo el mejor con casi 95 % de actividad fungicida, resultados iguales que los obtenidos con el benomilo y superó al control biológico.

Villa *et al.* (2016) explican que:

La mayoría de los aceites esenciales de plantas son químicamente complejos, lo que aumenta su eficacia debido a la sinergia entre los componentes, emplearon 75 aceites esenciales para el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. cicer, entre ellos los más eficaces fueron de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), casia (*Cinnamomum cassia*), clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y hierba de limón (*Cymbopogon citratus*), pues tuvieron un alto efecto inhibitorio.

Guédez (2016) acota que:

El control biológico basado en hongos como *Trichoderma*, es una estrategia efectiva a largo plazo, ya que es necesaria la adaptación del microorganismo al ambiente y su establecimiento en los ecosistemas, un mecanismo muy diferente al de los productos químicos, que son compuestos inertes. Todos estos aspectos deben tenerse en cuenta dentro del manejo integrado de enfermedades de plantas

Villa *et al.* (2016) consideran que:

Colaboradores estudiaron los efectos de aceites esenciales de toronjil (*Melissa officinalis*), salvia (*Salvia officinalis*), cilantro (*Coriandrum sativum*), Tomillo (*Thymus vulgaris*), hierbabuena (*Mentha piperita*) y canela, todos con efecto inhibitorio, sin embargo, el último registró la mejor actividad en contra de fumonisinas en semillas de trigo.

Avendaño (2016) define que:

La rotación de cultivos es un método de control utilizado que sólo proporciona una reducción parcial del inóculo del patógeno. El tratamiento químico de las semillas puede eliminar parcialmente el problema al controlar el inóculo presente en ellas, pero sin ocasionar mayor efecto contra el patógeno en el suelo. La resistencia genética como alternativa de control, a pesar de ser la de más fácil aplicación, es una solución de difícil desarrollo, en especial para hongos vasculares, por la complejidad del medio en que se presenta la interacción patógeno-hospedero y por el tiempo que toma la obtención de variedades resistentes.

Báez (2016) plantea que:

El control de las enfermedades radiculares en el cultivo de tomate mediante la utilización de plaguicidas (fungicidas y fumigantes del suelo) ha ayudado a mantener altos rendimientos y satisfacer la calidad de los alimentos; sin embargo, en años recientes estas contribuciones han sido desafiadas en varios reportes que sugieren que los efectos negativos sobre el medio ambiente pesan más que su beneficio a la sociedad. Si

bien es cierto que el uso de estos agroquímicos ha permitido obtener incrementos substanciales en la producción; sus efectos adversos están impactando de manera significativa la sustentabilidad de la agricultura.

Avendaño (2016) relata que:

Ante las limitaciones en el manejo de la enfermedad, surge la necesidad de plantear alternativas sustitutivas o complementarias a las existentes, como el control biológico, importante para la recuperación del equilibrio de los agroecosistemas y para el aprovechamiento del potencial antagonista natural de ciertos microorganismos contra patógenos vulnerables.

De Cal (2016) reporta que: “El control biológico mediante la aplicación de antagonistas (biofungicidas) puede ser una alternativa a otros métodos de control y, en todo caso, es una herramienta más a utilizar en el control integrado de enfermedades vegetales”.

Avendaño (2016) indica que: “En términos generales, en los tratamientos para el control biológico de la enfermedad se presentaron infecciones poco severas, destacándose aquéllos con aplicación de *Trichoderma* sp., que mostraron al momento de la floración una severidad”.

Para Camacho (2016):

En el control de la marchitez se debe incluir el tratamiento de la semilla, desinfección del suelo y la aplicación constante de fungicidas; los dos últimos métodos son costosos y causan contaminación del ambiente, por lo que se buscan fuentes de control menos peligrosas, menos tóxicas y más baratas. Esto conduce hacia el manejo del cultivo considerando la nutrición de la planta en la resistencia a patógenos, y de esta forma puede disminuir el problema en los sistemas de producción.

Báez (2016) menciona que:

La práctica del monocultivo y la contaminación por el uso indiscriminado de agroquímicos, han impactado en la agricultura, reduciendo la

biodiversidad (microorganismos) de los agroecosistemas, ocasionando la inestabilidad de los mismos, la cual se refleja, entre otros efectos nocivos, en una mayor incidencia y severidad de esta enfermedad en las plantas de tomate. Esto y los problemas de seguridad y salud pública inherentes a la fabricación y uso de agroquímicos han conducido a la búsqueda y establecimiento de alternativas ecológicas de manejo de las enfermedades.

Córdova (2016) publica que:

Una respuesta positiva y concreta a la campaña mundial de “limpieza del planeta”, es la utilización de control biológico de enfermedades de plantas a través de microorganismos antagónicos competitivos. Especies del género *Trichoderma* han merecido la atención máxima como agente de biocontrol de patógenos fúngicos de suelo.

El mismo autor enfatiza que:

Trichoderma es un hongo hiperparásito que se encuentra naturalmente en todos los suelos y actúa por medio de una combinación de competencia por nutrientes, producción de metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas, y micoparasitismo. Además, produce sustancias promotoras del crecimiento de las plantas. El hongo coloniza las semillas y protege las plántulas en la fase post-emergente de patógenos fúngicos y la aplicación directa al suelo ofrece además una protección mayor a los cultivos (Córdova 2016).

Camacho (2016) comenta que:

La aplicación de nitrógeno y potasio para la obtención de cultivos sanos y productivos ha sido ampliamente documentada; otros elementos como es el caso del silicio (Si) pueden contribuir significativamente en la obtención de cultivos sanos, ya que existe una relación directa entre la acumulación del Si en la pared celular y la absorción de potasio.

La concentración de Si en la planta oscila entre 1 y 10 %, con base en peso seco; influye en muchos aspectos de la biología de la planta; la

similitud que tiene con el fósforo y boro ha hecho que investigadores mencionen un posible reemplazo o interferencia en las funciones de estos iones, como formar compuestos con azúcares-alcoholes o ácidos orgánicos. El Si disminuye los efectos de deficiencias o excesos de nutrimentos como el manganeso y el aluminio, aumenta la intercepción de la luz (mayor tasa fotosintética) y reduce la susceptibilidad a enfermedades causadas por hongos (Camacho 2016).

1.6. Hipótesis

Ho= No existe adecuado manejo de la enfermedad Marchitez por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) en el cultivo de tomate de mesa.

Ha= Existe adecuado manejo de la enfermedad Marchitez por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) en el cultivo de tomate de mesa.

1.7. Metodología de la investigación

Para la elaboración del presente documento se recopilará información de textos, revistas, bibliotecas virtuales y artículos científicos.

La información obtenida será resumida y analizada en función de la importancia del manejo de la Marchitez por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) en el cultivo de tomate de mesa.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El documento detalla sobre el manejo de la enfermedad Marchitez por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) en el cultivo de tomate de mesa.

El hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. provoca marchitez en la planta y muerte prematura del cultivo, causando pérdidas económicas a los agricultores.

2.2. Situaciones detectadas

Entre las situaciones se destacan:

Para el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. se utilizan fungicidas que causan deterioro en el suelo y contaminación al ambiente.

No existe una variedad de tomate resistente a enfermedades provocadas por hongos del suelo.

Durante la aparición de los primeros síntomas, no se toman las medidas correctivas.

2.3. Soluciones planteadas

Entre las soluciones planteadas se detallan:

Que los institutos de investigación trabajen en la obtención de cultivares de tomates resistentes a la enfermedades causadas por hongos.

Los biofungicidas de origen biológicos pueden disminuir la incidencia de la enfermedad.

Se ha evidenciado que en la plantación de tomate se puede disminuir el daño de *Fusarium oxysporum* f. sp con diferentes practicas culturales y aplicación de insecticidas biológicos.

2.4. Conclusiones

Las conclusiones son las siguientes:

Sembrar cultivares resistentes a enfermedades, a fin de bajar la incidencia en las plantaciones, provocadas por de *Fusarium oxysporum* f. sp.

La aplicación foliar de miel de abeja a las plántulas de tomate de cáscara favoreció la producción de frutos en presencia de *Fusarium oxysporum*. La combinación foliar de silicio y miel de abeja disminuyó la severidad de daño por *Fusarium oxysporum*.

La naturaleza enzimática del efecto de *F. oxysporum* f. s p. *lycopersici* en tomate y indican que la reducción de la marchitez en las plantas resistentes podría deberse a la desactivación de las enzimas por efecto de las catequinas presentes en éstas.

Los principales modos de acción de los aislamientos de *T. harzianum* fueron parasitismo y competencia de nutrientes y espacio, ya que se desarrollaron rápidamente, superando el crecimiento de *F. oxysporum*, impidiendo el desarrollo normal e inhibiendo en más del 50% su desarrollo.

Se identificó a *F. oxysporum* como agentes causales del marchitamiento del tomate y se logró diferenciar la sintomatología inducida por cada uno de estos patógenos, la cual permitirá realizar un diagnóstico correcto del organismo causante de la enfermedad, pues de esto depende en mucho la elección de un método de manejo apropiado que pueda evitar daños severos al cultivo.

2.5. Recomendaciones

Ante lo expuesto se recomienda:

Aplicar para el control biológico, productos a base de *T. harzianum* por los buenos resultados detallados en la presente investigación.

Verificar los síntomas de la enfermedad desde el momento de la siembra, para evitar reducción de los rendimientos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ascencio-Álvarez, A., López-Benítez, A., Borrego-Escalante, F., Rodríguez-Herrera, S. A., Flores-Olivas, A., Jiménez-Díaz, F., Gámez-Vázquez, A. J. (2018). Marchitez vascular del tomate: I. Presencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en Culiacán, Sinaloa, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 26(2), 114-120.
- Avendaño, C., Arbeláez, G., Rondón, G. (2016). Control biológico del marchitamiento vascular causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* en frijol *Phaseolus vulgaris* L., mediante la acción combinada de *Entrophospora colombiana*, *Trichoderma* sp. y *Pseudomonas fluorescens*. *Agronomía colombiana*, 24(1), 62-67.
- Báez-Valdez, E. P., Carrillo-Fasio, J. A., Báez-Sañudo, M. A., García-Estrada, R. S., Valdez-Torres, J. B., Contreras-Martínez, R. (2016). Uso de Portainjertos Resistentes para el Control de la Fusariosis (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Snyder & Hansen raza 3) del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Condiciones de MallaSombra. *Revista mexicana de fitopatología*, 28(2), 111-123.
- Bravo, C., Larriva, W., Minchala, L. (2017). Manejo Integrado de la Marchitez Vascular o Fusariosis (*Fusarium oxysporum*) en el cultivo de Babaco.
- Cabrera, F. (2017). Capítulo II: consideraciones generales sobre el mejoramiento genético de tomate, *Lycopersicon esculentum*, Mill. *Acta Agronómica*, 44(1-4), 11-24.
- Camacho, R., Mendoza, M., Soriano, E., Villa, M., De León, M. (2016). Fertilización foliar con silicio como alternativa contra la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* (Sheld) en tomate de cáscara. *Revista chapingo serie horticultura*, 12(1), 69-75.
- Córdova, M. I. (2016). Biocontrol de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* por Trichozam (*Trichoderma harzianum*) y Mycoral (micorriza vesículo arbuscular) en el cultivo de tomate.
- De Cal, A., Larena, I., Sabuquillo, P., Melgarejo, P. (2016). Control de la marchitez vascular del tomate mediante aplicación de biofungicidas. *Horticultura: Revista de Industria, Distribución y*

- Socioeconomía Hortícola: Frutas, Hortalizas, Flores, Plantas, Árboles Ornamentales y Viveros*, 1, 118-125.
- De Granada, E. G., De Amezquita, M. C. O., Mendoza, G. R. B., Zapata, H. A. V. (2017). Fusarium oxysporum el hongo que nos falta conocer. *Acta biológica colombiana*, 6(1), 7-25.
- Encalada Ríos, E. H. (2016). Evaluación de dos especies de *Trichoderma* para el manejo de enfermedades fúngicas que afectan al cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) a nivel radicular en condiciones de invernadero.
- Fasio, J. A. C., Rodríguez, T. D. J. M., Estrada, R. S. G., Ortega, J. E. C., Zequera, I. M., Barajas, A. J. S. (2016). Razas de Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici Snyder y Hansen, en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(2), 123-127.
- Fernández-Herrera, E., Ruiz, J. G., Puente, E. R., Ramos, M. A. (2016). Patógenos y síntomas asociados a la marchitez del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Texcoco México. *Biotecnia*, 15(3), 46-50.
- González, I., Yailén, A., Peteira, B. (2016). Aspectos generales de la interacción Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici-tomate. *Revista de Protección Vegetal*, 27(1), 1-7.
- Guédez, C., Cañizalez, L., Castillo, C., Olivar, R. (2016). Evaluación in vitro de aislamientos de *Trichoderma harzianum* para el control de *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium oxysporum* en plantas de tomate. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 32(1), 44-49.
- Intriago, D. A. M., Jarama, F. R., Cuenca, E. C., Fernández, R. R., Cedeño, B. N., Bermúdez, E. C. (2019). Efecto de cuatro láminas de riego y *Meloidogyne* spp. sobre características agronómicas y de rendimiento de tomate de mesa *Solanum lycopersicum* L. *Revista Universidad de Zulia*, 10(26), 28-47.
- Martínez-Solórzano, G. E., Rey-Brina, J. C., Pargas-Pichardo, R. E., Manzanilla, E. E. (2020). Marchitez por Fusarium raza tropical 4: Estado actual y presencia en el continente americano. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 259-276.

- Mejía-Bautista, M. Á., Reyes-Ramírez, A., Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suárez, J. M., Borges-Gómez, L. D. C., Pacheco-Aguilar, J. R. (2016). *Bacillus* spp. en el control de la marchitez causada por *Fusarium* spp. en *Capsicum chinense*. *Revista mexicana de fitopatología*, 34(3), 208-222.
- Moreira, M., Echandi, C., Méndez, C. (2018). Heterosis y habilidad combinatoria en líneas de tomate para mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill) con adaptación a altas temperaturas.
- Palacios Franco, M. (2016). Enfoques para la transición de la agroecología una propuesta de sostenibilidad para Guatemala. Universidad Internacional de Andalucía.
- Rodríguez, D. A., Montilla, J. O. (2016). Disminución de la marchitez causada por *Fusarium* en tomate con extracto de *Citrus paradisi*.
- Salazar, L., Sanabria, N., Aponte, G., Alcano, M., Herrera, R., Colmenares, D., Magaña, S. (2016). Efectividad de aislamientos de *Trichoderma* spp. en el control de la fusariosis del tomate en condiciones in vitro e in vivo. *Bioagro*, 23(3), 185-190.
- Salazar-Antón, W., Narváez, E. T., Hernández, Á. C. (2017) Control biológico de enfermedades de plantas en Nicaragua. *Control Biológico de Enfermedades de Plantas en América Latina y el Caribe*, 287.
- Sandoval Pillajo, A. M., Lomas Arias, L. J. (2016). Incidencia, severidad, rango de hospederos y especie del nematodo del Rosario de la Raíz (*Nacobbus* sp) en el cultivo de Tomate de Mesa (*lycopersicum esculentum*) en el Valle del Chota y Pimampiro.
- Vásquez-Ramírez, Luisa Mayens y Castaño-Zapata, Jairo. (2017). Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate [*Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici (SACC.) WC SNYDER & HN HANSEN]: una revisión. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 20 (2), 363-374.
- Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M., Martínez-Escudero, E. (2016). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*, 64(2), 194-205.