

Principales enfermedades del cultivo de tomate
(*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de campo

Alma Leticia Salas Gómez
a2203018005@alumnos.uat.edu.mx
ORCID ID: 0000-0001-8553-7138
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Cd. Victoria, Tamaulipas

Eduardo Osorio Hernández
eosorio@docentes.uat.edu.mx
ORCID ID: 0000-0002-9248-8167
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Cd. Victoria, Tamaulipas

César Alejandro Espinoza Ahumada
caespinoza@itsmante.edu.mx
ORCID ID: 0000-0002-6846-2581
Instituto Tecnológico Superior de El Mante
Quintero, Tamaulipas

Raúl Rodríguez Herrera
raul.rodriguez@uadec.edu.mx
ORCID ID: 0000-0002-6428-4925
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de Coahuila

Ma. Teresa de Jesús Segura Martínez
tsegura@docentes.uat.edu.mx
ORCID ID: 0000-0001-8559-3885
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Efraín Neri Ramírez
eneri@docentes.uat.edu.mx
ORCID ID: 0000-0003-1547-9942
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Benigno Estrada Drouaillet
benestrada@docentes.uat.edu.mx
ORCID ID: 0000-0002-0332-5658
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Universidad Autónoma de Tamaulipas

RESUMEN

El tomate es un cultivo importante en la zona productora del Sur de Tamaulipas, un factor limitante para su producción son las enfermedades, causadas por hongos, virus y bacterias, pueden propagarse en condiciones de campo abierto, y se desarrollan rápidamente cuando el clima es favorable. Para realizar un control eficaz es importante identificar el agente causal y diferenciar sus síntomas, estableciendo un programa de monitoreo y aplicar las medidas de control bajo un esquema de manejo integrado de enfermedades, usando variedades resistentes a las enfermedades, además del uso de diferentes insecticidas, fungicidas y bactericidas. Sin embargo, es importante integrar prácticas culturales como y manejo de fechas de siembra, control biológico con entomopatógenos y antagonistas. Esta revisión informa las principales enfermedades del cultivo de tomate a campo abierto en el sur de Tamaulipas, México, haciendo énfasis en la sintomatología, importancia económica, características morfológicas y el manejo de la enfermedad.

Palabras clave: control; epidemiología; sintomatología

**Main diseases of tomato (*Solanum lycopersicum* L.)
crop under field conditions**

ABSTRACT

Tomato is an important crop in producing area of southern Tamaulipas, a limiting factor for its production is diseases, caused by fungi, viruses and bacteria, they can spread in open field conditions, and they develop quickly when the weather is favorable. To carry out effective control it is important to identify the causative agent and differentiate its symptoms, establishing a monitoring program and applying control measures under an integrated disease management scheme, using disease resistant and tolerant varieties, in addition to the use of different insecticides, fungicides and bactericides. However, it is important to integrate cultural practices and management of sowing dates, biological control with entomopathogens and antagonists. This review reports the main diseases of open field tomato cultivation in southern Tamaulipas, Mexico, emphasizing symptomatology, economic importance, morphological characteristics, and disease management.

Keywords: control; epidemiology; symptomatology

Artículo recibido: 15 enero 2022

Aceptado para publicación: 08 febrero 2022

Correspondencia: a2203018005@alumnos.uat.edu.mx

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

INTRODUCCIÓN

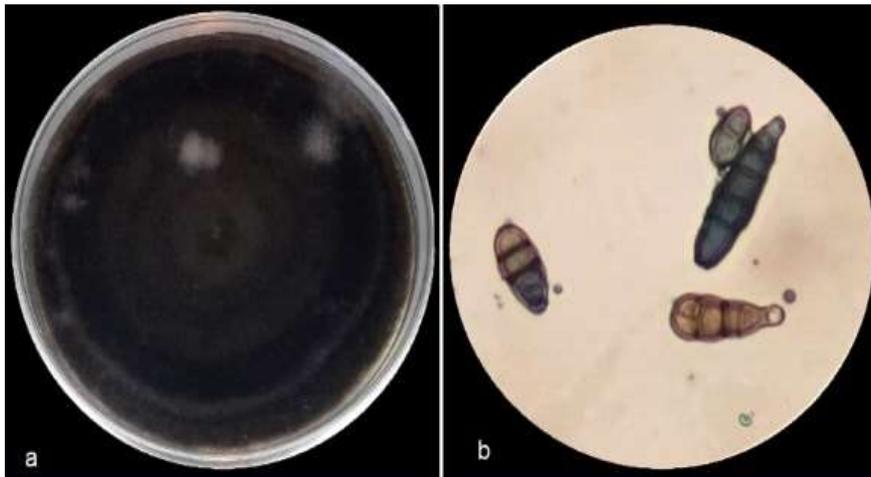
El tomate (*Solanum lycopersicum*) es un cultivo muy importante a nivel mundial, debido a su demanda y alto valor nutricional, y su producción ha ido en aumento en los últimos años (Hernández-Herrera *et al.*, 2014). México se encuentra entre los primeros 10 lugares en producción de esta hortaliza (FAOSTAT, 2019), en particular, la zona noreste de México es la de mayor importancia, destacando el estado de Sinaloa como principal productor de tomate (Martínez-Ruiz *et al.*, 2016). El estado de Tamaulipas en el año 2019 tuvo una producción de 8,317 ton, y el sur del estado, en los municipios de Aldama, Altamira, González y Madero se obtuvo una producción de 738 ton (SIAP, 2020). Sin embargo, este cultivo se ve afectado por diversas enfermedades que pueden generar pérdidas de hasta 100%.

Dentro de los agentes bióticos y parásitos causantes de las enfermedades en el cultivo de tomate están: bacterias, virus, fitoplasmas nemátodos, insectos, plantas parásitas y hongos. Entre los que destacan son *Botrytis cinérea*, *Alternaria dauci* f. *solana*, *Laveillula taurina*, *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary, *Pythium aphanidermantum*, *Fusarium oxysporum* y *Rizoctonia solani* (Martínez-Ruiz *et al.*, 2016). Dichos patógenos atacan a nivel fruto y flor, por lo tanto, pueden llegar a causar pérdidas de más del 60%. Por ello a continuación se describen los principales patógenos y las enfermedades que ocasionan daños al cultivo de tomate a campo abierto en el sur del estado de Tamaulipas.

***Alternaria* spp.**

Importancia económica: A nivel mundial este patógeno es causante de una de las enfermedades más importantes del tomate conocida como el tizón temprano, algunas especies de *Alternaria* involucradas en esta enfermedad son: *A. solani* y *A. alternata*. En condiciones de alta incidencia y severidad de la enfermedad las pérdidas de rendimiento del tomate se han estimado en 79% (Adhikari *et al.*, 2017).

Etiología y epidemiología: Las especies de *Alternaria* se caracterizan por presentar un micelio conformado por hifas septadas y bien desarrolladas, conidios pluricelulares, caracterizados por ser ovoides a oblongos, netamente septados transversal y longitudinalmente, los cuales forman largas cadenas (Fabrera *et al.*, 2002). El crecimiento de *Alternaria* está en un rango de temperatura de 22-28 °C, sin embargo, la esporulación ocurre a 27°C y se inhibe por debajo de 15°C o sobre 33°C. (Figura 1).

Figura 1. *Alternaria*, a) crecimiento en caja Petri b) Conidias

Fotografía de elaboración propia

La infección del patógeno es favorecida en condiciones frescas y húmedas, esta ocurre al arribar las esporas, se forma el tubo germinativo y penetra el tejido del huésped directamente al degradar la pared celular o puede ser a través de los estomas o heridas de la planta (Adhikari *et al.*, 2017). La infección secundaria se provoca cuando las esporas producidas en las plantas infectadas se diseminan a otras plantas a través del aire y precipitación pluvial (Sánchez, 2001).

Sintomatología: *Alternaria* se presenta en el follaje como pequeñas manchas de color café a negro, las cuales están rodeadas por un halo amarillo, aparecen en las hojas más viejas, midiendo aproximadamente 6 mm de diámetro se pueden observar anillos concéntricos (Figura 2). Los daños que presenta el fruto ocurren en la base del pedúnculo y se pueden notar manchas hundidas, oscuras y acartonadas (Molina, 2011). *A. solani* solamente necesita que los tejidos y las plantas estén dañados y así poder penetrar y crecer dentro de la planta (Barkai-Golan, 2001). En la postcosecha es el principal causante del moho negro en los frutos, generando importantes pérdidas (Morris *et al.*, 2000).

Métodos de control: El hongo fitopatógeno *Alternaria alternata* puede ser controlado con productos de contacto que actúan antes de la etapa de la penetración, utilizando ingredientes activos como clorotalonil, mancozep, folpan, hidróxido u oxiclورو de cobre, Folped, captan. También se pueden utilizar ingredientes activos con acción sistémica, que actúan en el control del hongo que está en periodo de infección, para ello se utilizan sustancias activas como azoxystrobin, benomilo, cyprodinil-fludioxonil, difenoconazol, y propiconazol. Las aplicaciones de los fungicidas, dosis y

recomendaciones generales se realizan con base a la formulación adquirida y las especificaciones del producto (DEAC PLM México, 2020). El efecto de control de los extractos de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y gobernadora (*Larrea tridentata*) se ha demostrado en condiciones de laboratorio (Ramírez *et al.*, 2016), estos son utilizados en condiciones de campo abierto como una alternativa al manejo de la enfermedad, para lo cual se aplican de manera preventiva.

Figura 2. Síntomas de *Alternaria*: a) Amarillamiento y manchas cafés, B) Anillamiento circular y amarillamiento



Fotografía elaboración propia (a), de Eduardo Osorio Hernández (b)

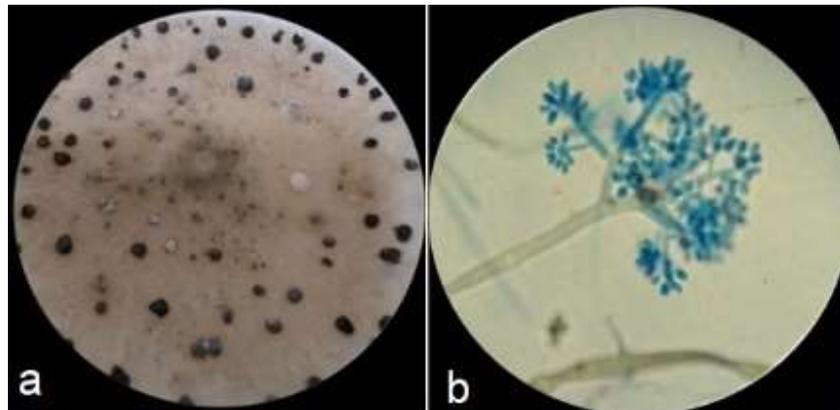
Botrytis cinérea

Importancia económica: es el causante de la enfermedad del moho gris, es de gran importancia en el cultivo de tomate, se considera de las más devastadoras ya que provoca grandes pérdidas económicas, en casi la mayoría de los países del mundo infecta las plantas de tomate en cualquier etapa vegetativa, incluyendo la postcosecha (Benito *et al.*, 2000). La enfermedad causada por *Botrytis cinerea*, tiene un impacto significativo en la agricultura y es de particular interés para los productores, expertos en agricultura, asesores, personal de extensión e investigadores de todo el mundo (Fillinger & Elad, 2016), provoca pérdidas anuales de entre 10 y 100 000 millones de dólares estadounidenses en todo el mundo (Weiberg *et al.*, 2013).

Etiología y epidemiología: *B. cinerea* posee un micelio tabicado, con hifas de aspecto algodonoso, de 11-23 μm de diámetro. La mayoría de las especies de *B. cinerea* producen numerosas conidias (macroconidia) que son asexuales, hialinos, unicelulares, ovoides y ubicados sobre extremos redondeados, las conidias son de vida corta y sobreviven dependiendo de las condiciones climáticas. (Fillinger & Walker, 2016). Los cuerpos fructíferos donde se ubican las conidias están ubicadas en los conidióforos ramificados

que se desarrollan sobre los tejidos infectados. Los conidióforos, son de 1-3 mm de largo, a diferencia de los conidios, son ovoides, de 10-12 μm por 8- 10 μm , unicelulares y ligeramente grisáceos. *In vitro*, el micelio crece profusamente, y es de color blanco cambiando a marrón oliva grisáceo (García, 2017) (Figura 3). El patógeno algunas veces forma esclerocios y clamidosporas variables, lo cual les permite sobrevivir periodos secos, y en condiciones favorables pueden germinar y producir hifas o macroconidias para el desarrollo de la enfermedad. (Blanco et al., 2016; González *et al.*, 2016), el cual es favorecido cuando existen altas densidades de siembra, lluvias continuas, humedad relativa alta (>70 % por al menos 12 h) y temperaturas entre 8 y 22 °C (Jaramillo *et al.*, 2013).

Figura 3. *Botrytis cinérea*, a) Crecimiento en caja Petri y b) conidióforos con conidios maduros



Fotografía de María Elena Gutiérrez

Sintomatología: se pueden observar en tallos como grandes manchas y chancros que avanzan hasta formarse un estrangulamiento, provocando la muerte de la planta al bloquear el sistema vascular. Las lesiones se cubren de abundante micelio y esporas de color café oscuro, las hojas presentan lesiones en el ápice de color café, anillos concéntricos en el haz de la hoja y en el envés se encuentra abundante esporulación. Los pétalos de las flores son susceptibles a la infección (Figura 3), se puede iniciar a partir de ellos y avanzar hasta los frutos, donde la podredumbre es blanda o acuosa de color café, y por lo general se localiza donde se une el pedúnculo con el fruto donde se presenta abundante esporulación de un color grisáceo (Jaramillo *et al.*, 2013).

Figura 3. Infección causada por *Botrytis cinérea* en pétalos de la flor



Fotografía elaboración propia

Métodos de control: Se ha reportado el biocontrol para *Borytis cinérea* con *Trichoderma harzianum*, obteniéndose resultados en la sanidad de las plantas sometidas al tratamiento (Abro, 2013). Los microorganismos *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp. y *Ulocladium* sp. son agentes de biocontrol para reducir el uso de fungicidas sintéticos (Vos *et al.*, 2015). La aplicación foliar del extracto de gobernadora tiene un efecto preventivo de la enfermedad, utilizando una solución del 1% del extracto y un volumen de aplicación de 200 l/ha. Por su parte, el control químico se aplica con fungicidas preventivos de las sustancias activas oxiclورو de cobre, clorotalonil, mancozeb y folpet, cuando las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo de la enfermedad se realizan aspersiones de los ingredientes activos benomilo, Fludioxonil, Ciprodinil y boscalid (DEAC PLM México, 2020).

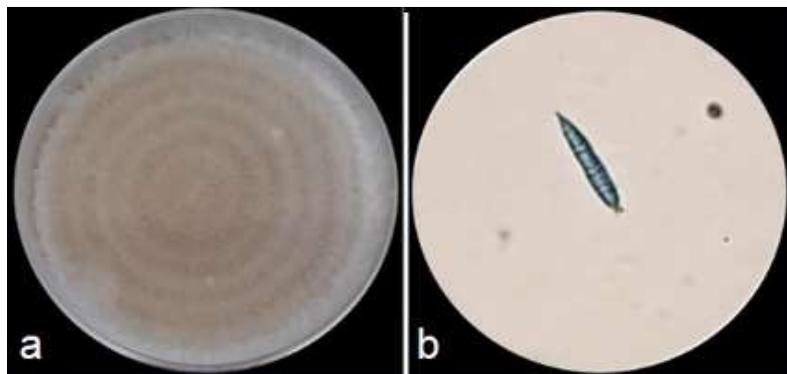
Fusarium oxysporum

Importancia económica: Entre las enfermedades más importantes que afectan este cultivo esta la causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL), el cual contribuye significativamente al marchitamiento vascular del tomate. Sus daños desencadenan en el hospedante una serie de afecciones generalmente de carácter irreversible, originando pérdidas económicas considerables de hasta un 60% además de afectar la calidad del producto, esta enfermedad afecta al menos 32 países en gran diversidad de condiciones, reportándose tres razas, las cuales se distinguen por su virulencia en materiales que contienen genes de resistencia (García *et al.*, 2007).

Etiología y epidemiología: El crecimiento de *F. oxysporum* en PDA es color blanco, se

observan microconidias microscópicamente unicelulares y bicelulares, de forma ovoide a elipsoide sobre fiálides cortas agrupadas en cabezas de falas y microconidias de tres septos con células apicales ligeramente curvadas (Espinoza-Ahumada *et al.*, 2019). El micelio puede ser algodonoso, aéreo, abundante y a veces escaso con una coloración variable, de blanco a rosado durazno (Figura 4), pero usualmente con un tinte púrpura o morado que se vuelve más intenso (Garcés de Granada *et al.*, 2001). En ocasiones produce abundantes esporas y macroconidias de color naranja, en algunos aislamientos se produce en una masa central de esporas abundantes macroconidias de tonalidades entre naranja y violeta pálido, además de esclerotes pequeños de color marrón claro a oscuro. (Leslie & Summerell, 2006). *FOL* es un hongo cosmopolita saprófito del suelo que destaca entre los hongos predominantes de los suelos cultivados. Este patógeno afecta al cultivo de tomate a temperaturas mayores a 28°C en campo (Debbi *et al.*, 2018). *FOL* tiene tres razas conocidas como patógenos de cultivos de tomate y su distintivo son los genes de resistencia. Las razas 1 y 2 crecen en regiones productoras de tomate del mundo, la raza 3 se ha presentado en países como California, Australia, el suroeste de Georgia y México. La mayoría de las variedades comerciales de tomate cultivadas en todo el mundo son resistentes a las razas 1 y 2, pero muy pocas son resistentes a la raza 3 (Biju *et al.*, 2017). Su propagación a distancias cortas es a través del riego y equipos agrícolas, a distancias grandes es por suelos o trasplantes infectados (Agris, 2005). Cuando el suelo agrícola se contamina con *FOL*, este hongo permanece indefinidamente aun en ausencia de un huésped (Animashaun *et al.*, 2017, Prihatna *et al.*, 2018). La clamidospora inactiva de *FOL* en suelo infestado puede sobrevivir indefinidamente en ausencia de un huésped (Khan *et al.*, 2017; Cha *et al.*, 2016).

Figura 4. *F. oxysporum*, a) crecimiento en caja petri b) conidia vista al microscopio



Fotografía de elaboración propia

Sintomatología: El *FOL* ingresa a la epidermis de la raíz, luego se dispersa a través del tejido vascular hasta los vasos del xilema de la planta, lo que provoca obstrucción y produce síntomas de marchitez, su identificación morfológica se puede realizar a través de la marchitez de las plantas, presentándose hojas de color amarillo, tallos necróticos y con un rendimiento mínimo o nulo (Singh *et al.*, 2017).

El desarrollo de la enfermedad causada por *Fo* es un proceso complejo compuesto de varias etapas secuenciales: primero se observan en la raíz síntomas de la interacción huésped-patógeno, después la unión del patógeno a la superficie de los pelos de la raíz y la propagación de hifas, seguido de la invasión de la corteza de la raíz y tejido vascular y diferenciación dentro de los vasos del xilema, ocurriendo finalmente la exudación de las toxinas y los factores de virulencia. La colonización de los vasos conduce al desarrollo de enfermedades y al marchitamiento característico de la planta huésped (Di *et al.*, 2016). Los síntomas iniciales de la enfermedad se presentan en las hojas inferiores hasta llegar de manera gradual al marchitamiento total de la planta, el tejido vascular colonizado presenta color marrón oscuro, el cual se extiende hasta el ápice y provoca la marchitez y muerte de las plantas (Figura 5), debido a la acumulación de micelio fúngico en el xilema y sus alrededores, a la producción de micotoxinas, inactivación de las defensas del huésped y la producción de tilosas; sin embargo, los síntomas de marchitez son variables (Srinivas *et al.*, 2019).

Figura 5. *Síntomas del ataque de Fusarium. a) Cultivo de tomate con síntomas de marchitez causada por Fusarium oxysporum, b) Hoja con marchitamiento y clorosis.*



Fotografía de Eduardo Osorio Hernández

Métodos de control: se utiliza el control biológico con *Trichoderma asperellum*, *T. harzianum* y *T. yunnanense* (Jiménez *et al.*, 2018), *Bacillus liqueniformis*, *B. subtilis*, y *B. amyloliquefaciens* (Hernández *et al.*, 2014), además de mezclas de fermento propagativo microbiano (MFPM) a base de *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp. (Espinoza *et al.*, 2019). Otra alternativa que se utiliza para controlar la infección por *Fusarium oxysporum* en tomate es el silenciamiento génico postranscripcional de los genes FOW2 y chsV inducido por el huésped (Bharti *et al.*, 2017). El manejo de la enfermedad ha tenido éxito al sembrar semillas híbridas mejoradas que expresan resistencia a la enfermedad. El uso de fungicidas químicos ofrece poco control, sin embargo, el manejo de la enfermedad se recomienda con fungicidas de ingredientes activos del grupo de los bencimidazoles.

Bacterias fitopatógenas en el tomate.

Xanthomonas campestris

Importancia económica: Este patógeno se encuentra en todo el mundo y representa una grave amenaza ya que afecta principalmente a cultivos de importancia económica (Denancé *et al.*, 2018). Las condiciones ideales para que se desarrolle la infección por este patógeno son las altas temperaturas y la humedad que se presentan en verano, este patógeno produce defoliación, manchado de frutos y pérdidas en rendimiento de los frutos (Kaur *et al.*, 2016). Esta enfermedad es de gran importancia en los cultivos de tomate y chile en el estado de Sinaloa, donde causa importantes pérdidas (Carrillo *et al.*, 2001).

Etiología y epidemiología: Las células de *Xanthomonas campestris* tienen forma de bastón o varilla recta de 0.4-0.6 por 0.8-2.0 micrómetros, son Gram negativa y son capaces de moverse, poseen un solo flagelo polar y no forma esporas, son aeróbicas obligadas, dado que el oxígeno lo utilizan como aceptor de electrones terminales. Por lo general, son amarillas, lisas, viscosas o mucoides (Saddler & Bradbury, 2015). Ha sido reportada como patogénica en especies vegetales de interés comercial pertenecientes a la familia *Solanaceae*, *Malvaceae*, *Cucurbitaceae*, *Umbiferae*, *Leguminoceae* y *Graminaceae* (Bhat *et al.*, 2010). Su ciclo de infección se divide en dos partes epifítica y endofítica, la primera comienza cuando las bacterias tienen contacto con los tallos, hojas o frutos hasta que penetran al hospedero a través de heridas o aberturas naturales, comenzando su fase endofítica colonizando el hospedero con altas poblaciones de bacterias, las cuales reemergen a la superficie de las hojas para posteriormente ser transmitidas a un nuevo

hospedero a través del viento o la lluvia y así comenzar un nuevo ciclo infectivo (An *et al.*, 2020)

Sintomatología: Se forma una lesión clorótica amarilla en forma de “V” con el vértice hacia la vena central de las hojas, junto con un oscurecimiento de las venas, lo cual indica que la bacteria a través del sistema vascular, así mismo se multiplica en el xilema, el cual se desintegra y ocurre una dispersión sistemática a través de las células parenquimáticas las cuales son descompuestas y se presenta cavitación (Agrios, 2005). Las zonas afectadas de la planta cambian de cloróticas a necróticas, las hojas caen prematuramente, se retrasa el crecimiento y la planta muere (Holub, 2013). El oscurecimiento que se presenta en las venas avanza hasta el tallo, las hojas superiores e inferiores y las raíces. (Agrios, 2005) (Figura 6).

Figura 6. Hoja del cultivo tomate con síntomas de *X. campestris*



Fotografía de Eduardo Osorio Hernández

Métodos de control: Tradicionalmente se utiliza antibióticos y cobre aplicado a las plantas además de tratar la semilla con químicos y agua caliente (Vicente & Holub, 2019), debido a la contaminación por el uso de cobre junto a la resistencia que se ha generado a los antibióticos se propone el uso de bacterias biocontroladoras como *Pseudomonas* y *Bacillus* (Elsisi, 2017).

Un intercambio de un solo aminoácido de valina a leucina en el extremo C-terminal de SP1 resultó en una inhibición del crecimiento más de 20 veces mayor de *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria* (Herrera *et al.*, 2016). Para el control de este patógeno se

recomienda la rotación de cultivos para romper los ciclos biológicos, control de plagas y malezas, mejorar el contenido de nutrientes, la estructura del suelo, reducción de la erosión y el aumento de la biodiversidad de microorganismos (Reddy *et al.*, 2017)

El virus de la cuchara o virus del rizado de la hoja amarilla del tomate (Tomatto yellow leaf curl virus, TYLCV) (*Geminiviridae: Begomovirus*)

Importancia económica: El virus del rizo de la hoja amarilla del tomate (TYLCV) infecta el tomate (*Solanum lycopersicum*) y es transmitido por la mosca blanca *Bemisia tabaci*, es la enfermedad viral más devastadora que presenta el cultivo de tomate que se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, y causa pérdidas de hasta el 100%, en la mayoría de las regiones es considerado una limitante en su producción (Moriones & Navas, 2000). La mayoría de los virus vegetales, como los begomovirus han evolucionado a través de mutaciones periódicas y eventos de recombinación, lo que genera la aparición de nuevos patotipos que se desarrollan en condiciones diferentes a las acostumbradas y desafían la resistencia del huésped (Lefeuvre & Moriones, 2015).

Etiología y epidemiología: Este virus fue reportado por primera vez en el estado de Sinaloa en el año 2005 -2006 donde causó grandes pérdidas en el cultivo de tomate (Garzón, 2015). El principal vector del TYLCV es la mosca blanca del camote, *B. tabaci* biotipo B, existen reportes de que este virus no se trasmite por otras especies de mosca blanca o semilla.

Sintomatología: TYLCV inicia en las hojas jóvenes presentando amarillamiento, rizado y ahuecamiento de las hojas, lo que genera una disminución de la eficiencia fotosintética, los síntomas van aumentando a medida que las hojas envejecen, esto genera retraso en el crecimiento y el aborto de la floración lo que reduce significativamente el rendimiento de frutos (Abhary *et al.*, 2007)

La mosca blanca ocasiona daños directos e indirectos a los hospederos, los cuales los causan las ninfas y los adultos, los daños directos son causados debido a que inserta el estilete, succiona la savia de la planta y contamina las células con sus toxinas, lo cual causa interferencia en la producción de clorofila generando plantas amarillentas y anquilosadas (Figura 7) por lo cual esa enfermedad es conocida como “amarillamiento del psílido. Otro tipo de daño que causa de manera indirecta es cuando se alimenta de la planta y la contamina con fitoplasmas y otro tipo de organismos que originan la enfermedad del permanente del tomate (PT) (Garzón-Tiznado *et al.*, 2009).

Figura 7. Mosca blanca causante de la virosis en tomate a) *Bemisia tabaci* en hoja de tomate, b) Síntomas en plantas de tomate



Fotografía de Eduardo Osorio Hernández (a), elaboración propia (b)

Métodos de control: El manejo se realiza en su mayoría con insecticidas para el control de la mosca blanca. Sin embargo, debido a su capacidad para invadir los tejidos del hospedero y la circulación frecuente del virus, estos controles a menudo fallan, lo que ocasiona resistencia en la mosca blanca lo que genera una mayor propagación de la enfermedad (Schuster *et al.*, 2010). El uso excesivo de plaguicidas produce contaminación ambiental (Palumbo *et al.*, 2001). El uso de barreras de malla fina en las plantas de tomate como método físico aumentan el costo de producción, y solo sirve como prevención, pero no reduce el tamaño de las poblaciones de mosca blanca (Antignus *et al.*, 1998). En los programas de mejoramiento de plantas de tomate utilizan fuentes genéticas para obtener una resistencia confiable y duradera contra TYLCV, las cuales han sido eficaces para prevenir pérdidas de rendimiento debido a este virus y a su vez reducir el costo de control de enfermedades (Dhaliwal *et al.*, 2020).

Los hongos entomopatógenos (EPF) durante mucho tiempo han demostrado ser enemigos naturales de la población de insectos (Jiang *et al.*, 2020), ya que las especies de EPF de diferentes géneros ayudan a combatir de manera natural a poblaciones de *B. tabaci*, identificándose alrededor de 20 especies que actúan de manera eficaz contra este insecto (Ali *et al.*, 2018, Sain *et al.*, 2019). Las especies de EPF más utilizadas como agentes de control para *B. tabaci* son: *Ashersonia* spp., *Isaria fumosoroseus* *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Verticillium lecanii*, (Abdel-Raheem & Al-Keridis, 2017; Zhang *et*

al., 2017) ya que los EPF se conocen por infectar y matar a *B. tabaci* en todas las etapas de su vida (Iannacone & Gómez 2008).

CONCLUSIONES

El cultivo de tomate en el sur de Tamaulipas enfrenta pérdidas estimadas de un 60 a 100% en el rendimiento, además de una baja calidad de la cosecha, esta problemática es ocasionada por los fitopatógenos *Alternaria* spp., *Botrytis cinérea*, *Fusarium oxysporum*, *Xanthomonas campestris* y Virus del rizado de la hoja amarilla del tomate (TYLCV). Para el manejo de las enfermedades se debe realizar una planeación donde se integren los diferentes métodos de control, elaborando un programa de monitoreo en las distintas etapas fenológicas del cultivo, para detectar los signos y síntomas de las enfermedades y condiciones climáticas favorables para el desarrollo de estas. Con todo lo anterior, se tomarán las decisiones pertinentes para el establecimiento del cultivo y la aplicación de sustancias activas para el control de vectores, hongos y bacterias, aplicando las dosis recomendadas y evitar que el patógeno genere resistencia y así mismo, se eviten daños y pérdidas económicas.

LISTA DE REFERENCIAS

- Abdel-Raheem, M. A., & Al-Keridis, L. A. (2017). Virulence of three entomopathogenic fungi against whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) in tomato crop. *Journal of Entomology*, 14(4), 155-159.
- Abhary, M., Patil, B. L., & Fauquet, C. M. (2007). Molecular biodiversity, taxonomy, and nomenclature of tomato yellow leaf curl-like viruses. In *Tomato yellow leaf curl virus disease* (pp. 85-118). Springer, Dordrecht.
- Abro, M. A., Lecompte, F., Bryone, F., & Nicot, P. C. (2013). Nitrogen fertilization of the host plant influences production and pathogenicity of *Botrytis cinerea* secondary inoculum. *Phytopathology*, 103(3), 261-267.
- Adhikari, P., Oh, Y., & Panthee, D. R. (2017). Current status of early blight resistance in tomato: an update. *International journal of molecular sciences*, 18(10), 2019. DOI: 10.3390/ijms18102019
- Agrios G.N. Elsevier Academic Press; Burlington, MA: 2005. *Plant Pathology*.
- Ali, B. G., Wang, B., Cao, N., & Hua, F. L. (2018). Pathogenicity of *Beauveria bassiana* strain 202 against sap-sucking insect pests. *Plant Protection Science*, 54(2), 111-117.

- An, S. Q., Potnis, N., Dow, M., Vorhölter, F. J., He, Y. Q., Becker, A., ... & Tang, J. L. (2020). Mechanistic insights into host adaptation, virulence and epidemiology of the phytopathogen *Xanthomonas*. *FEMS Microbiology Reviews*, 44(1), 1-32.
- Animashaun, B. O., Popoola, A. R., Enikuomihin, O. A., Aiyelaagbe, I. O. O., & Imonmion, J. E. (2017). Induced resistance to *Fusarium* wilt (*Fusarium oxysporum*) in tomato using plant growth activator, acibenzolar-S-methyl. *Nigerian Journal of Biotechnology*, 32(1), 83-90.
- Antignus, Y., Lapidot, M., Hadar, D., Messika, Y., & Cohen, S. (1998). Ultraviolet-absorbing screens serve as optical barriers to protect crops from virus and insect pests. *Journal of Economic Entomology*, 91(6), 1401-1405.
- Barkai-Golan, R. (2001). *Postharvest diseases of fruits and vegetables: development and control*. Elsevier.
- Benito, E. P., Arranz, M., & Eslava, A. (2000). Factores de patogenicidad de *Botrytis cinerea*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17, S43-S46.
- Bharti, P., Jyoti, P., Kapoor, P. et al. El silenciamiento de genes de patogenicidad inducido por el huésped mejora la resistencia al marchitamiento por *Fusarium oxysporum* en el tomate. *Mol Biotechnol* 59, 343–352 (2017). <https://doi.org/10.1007/s12033-017-0022-y>
- Bhat, N. A., Syeed, N., Bhat, K. A., & Mir, S. A. (2010). Pathogenicity and Host Range of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* “Incitant of Black Rot of Crucifers. *Journal of Phytology*.
- Biju, V. C., Fokkens, L., Houterman, P. M., Rep, M., & Cornelissen, B. J. (2017). Multiple evolutionary trajectories have led to the emergence of races in *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Applied and environmental microbiology*, 83(4).
- Cha, J. Y., Han, S., Hong, H. J., Cho, H., Kim, D., Kwon, Y., ... & Kwak, Y. S. (2016). Microbial and biochemical basis of a *Fusarium* wilt-suppressive soil. *The ISME journal*, 10(1), 119-129.
- De Granada, E. G., De Amezquita, M. C. O., Mendoza, G. R. B., & Zapata, H. A. V. (2001). *Fusarium oxysporum* el hongo que nos falta conocer. *Acta biológica colombiana*, 6(1), 7-25.
- DEAC PLM México <https://www.agroquimicos-organicosplm.com/> consultado 03 Marzo 2021.

- Debbi, A., Bouregda, H., Monte, E., & Hermosa, R. (2018). Distribution and genetic variability of *Fusarium oxysporum* associated with tomato diseases in Algeria and a biocontrol strategy with indigenous *Trichoderma* spp. *Frontiers in microbiology*, 9, 282.
- Denancé, N., Szurek, B., Doyle, EL, Lauber, E., Fontaine - Bodin, L., Carrère, S., ... y Noël, LD (2018). Dos genes ancestrales dieron forma al repertorio de genes efectores TAL de *Xanthomonas campestris*. *Nuevo fitólogo*, 219 (1), 391-407.
- Dhaliwal, M. S., Jindal, S. K., Sharma, A., & Prasanna, H. C. (2020). *Tomato yellow leaf curl virus* disease of tomato and its management through resistance breeding: a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 95(4), 425-444.
- Di, X., Takken, F. L., & Tintor, N. (2016). How phytohormones shape interactions between plants and the soil-borne fungus *Fusarium oxysporum*. *Frontiers in plant science*, 7, 170.
- Elsisi, A. (2017). Role of Antibiosis in Control of Cabbage Black Rot Caused by *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 45(2), 165-181.
- Espinoza-Ahumada, César Alejandro, Gallegos-Morales, Gabriel, Ochoa-Fuentes, Yisa María, Hernández-Castillo, Francisco Daniel, Méndez-Aguilar, Reinaldo, & Rodríguez-Guerra, Raúl. (2019). Microbial antagonists for the biocontrol of wilting and its promoter effect on the performance of serrano chili. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(spe23), 187-197. Epub 20 de noviembre de 2020. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2020>
- Faostat. 2019. Cultivos. De: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. Consultado: Agosto/23/2020.
- Fillinger, S., & Elad, Y. (Eds.). (2016). *Botrytis: the fungus, the pathogen and its management in agricultural systems* (pp. 189-216). Switzerland: Springer International Publishing.
- Fillinger, S., & Elad, Y. (Eds.). (2016). *Botrytis: the fungus, the pathogen and its management in agricultural systems* (pp. 189-216). Switzerland: Springer International Publishing.

- García, R. (2017). *Botrytis cinerea* en el cultivo de Rosa híbrida en la zona florícola sur del Estado de México y la evaluación de su sensibilidad in vitro a fungicidas. Universidad Autónoma de México.
- Garzón-Tiznado, J. A., Cárdenas-Valenzuela, O. G., Bujanos-Muñiz, R., Marín-Jarillo, A., Becerra-Flora, A., Velarde-Felix, S., ... & Martínez-Carrillo, J. L. (2009). Asociación de Hemiptera: *Triozidae* con la enfermedad “permanente del tomate” en México. *Agricultura técnica en México*, 35(1), 61-72.
- González, C., Brito, N., & Sharon, A. (2016). Infection process and fungal virulence factors. In *Botrytis the fungus, the pathogen and its management in Agricultural Systems* (pp. 229–246). Springer.
- Hernández-Castillo, F. D., Lira-Saldivar, R. H., Gallegos-Morales, G., Hernández-Suárez, M., & Solis-Gaona, S. (2014). Biocontrol de la marchitez del chile con tres especies de *Bacillus* y su efecto en el crecimiento y rendimiento. *Phyton* (Buenos Aires), 83(1), 49-55.
- Hernández-Herrera, R. M.; Santacruz-Ruvalcaba F.; Ruiz-López M. A.; Norrie J.; Hernández-Carmona G. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of applied phycology*. 2014.26(1): 619-628.
- Herrera Díaz, A., Kovacs, I. y Lindermayr, C. (2016). La expresión inducible del péptido antimicrobiano SP1-1 diseñado de-Novo en tomate confiere resistencia a *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. *PloS uno*, 11 (10), e0164097. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164097>
<https://www.redalyc.org/pdf/2631/263149505008.pdf>
- Iannacone, J., & Gómez, H. (2008). Effect of two entomopathogenic fungi in controlling *Aleurodicus cocois* (Curtis, 1846) (Hemiptera: *Aleyrodidae*). *Chilean Journal of Agricultural Research*.
- Jaramillo, N. J., V. P. Rodríguez, A. M. Guzmán y M. A. Zapata. 2006. El cultivo de tomate bajo invernadero (*Lycopersicon esculentum*. Mill) 1-48
- Jiang, W., Peng, Y., Ye, J., Wen, Y., Liu, G., & Xie, J. (2020). Effects of the Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae* on the Mortality and Immune Response of *Locusta migratoria*. *Insects*, 11(1), 36.

- Jiménez, M. D. C. M., Hernández, F. D., Alcalá, E. I. L., Morales, G. G., Valdés, R. A., & Reyes, F. C. (2018). Biological effectiveness of *Bacillus* spp. and *Trichoderma* spp. on apple scab (*Venturia inaequalis*) in vitro and under field conditions. *European Journal of Physical and Agricultural Sciences* Vol, 6(2).
- Kaur, H., Nyochembeng, L. M., Mentreddy, S. R., Banerjee, P., & Cebert, E. (2016). Assessment of the antimicrobial activity of *Lentinula edodes* against *Xanthomonas campestris* pv. vesicatoria. *Crop Protection*, 89, 284-288.
- Khan, N., Maymon, M., & Hirsch, A. M. (2017). Combating *Fusarium* infection using Bacillus-based antimicrobials. *Microorganisms*, 5(4), 75
- Lefevre, P. y Moriones, E. (2015). La recombinación como motor de los cambios del huésped y la aparición de virus: geminivirus como estudios de caso. *Opinión actual en virología*, 10, 14-19.
- Leslie, J. F. and Summerell, B. A. 2006. *The Fusarium burkinafaso*. Laboratory manual. Blackwell Publishing, State Avenue, Ames, Iowa. 212-218 pp.
- Martínez-Ruiz, E., L. Cervantes-Díaz, C. Aíl-Catzím, L. Hernández-Montiel, C. Del Toro, y E. Rueda-Puente. (2016). Hongos fitopatógenos asociados al tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) En la zona árida del noroeste de México: la importancia de su diagnóstico. *European Scientific Journal* 12.
- Molina M.R. (2011). Identificación y evaluación de antagonistas del tizón temprano (*Alternaria solani*) en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de Maestría. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias. Pág. 1 – 43.
- Moriones, E., & Navas-Castillo, J. (2000). Tomato yellow leaf curl virus, an emerging virus complex causing epidemics worldwide. *Virus research*, 71(1-2), 123-134.
- Palumbo, J. C., Horowitz, A. R., & Prabhaker, N. (2001). Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. *Crop protection*, 20(9), 739-765.
- Prihatna, C., Barbetti, M. J., & Barker, S. J. (2018). A novel tomato *Fusarium* wilt tolerance gene. *Frontiers in microbiology*, 9, 1226.
- Ramírez González, S. I., López Báez, O., Espinosa Zaragoza, S., & Wong Villarreal, A. (2016). Actividad antifúngica de hidrodestilados y aceites sobre *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* y *Colletotrichum gloesporioides*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(8), 1879-1891.

- Saddler, G. S., & Bradbury, J. F. (2015). *Xanthomonas*. Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria, 1-53.
- Sain, S. K., Monga, D., Kumar, R., Nagrale, D. T., Kranthi, S., & Kranthi, K. R. (2019). Comparative effectiveness of bioassay methods in identifying the most virulent entomopathogenic fungal strains to control *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera: Aleyrodidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29(1), 1-11.
- Sánchez, C. M. Manejo De enfermedades del tomate. Curso del INCAPA “Manejo integrado de plagas y enfermedades en tomate, chile y papa”. Guadalajara, Jalisco, México. 2001. 22-39
- Schuster, D. J., Mann, R. S., Toapanta, M., Cordero, R., Thompson, S., Cyman, S., ... & Morris II, R. F. (2010). Monitoring neonicotinoid resistance in biotype B of *Bemisia tabaci* in Florida. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 66(2), 186-195.
- SIAP 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado el 10 de octubre del 2020.
- Singh, V. K., Singh, H. B., & Upadhyay, R. S. (2017). Role of fusaric acid in the development of ‘*Fusarium wilt*’ symptoms in tomato: Physiological, biochemical and proteomic perspectives. *Plant physiology and biochemistry*, 118, 320-332.
- Srinivas, C., Devi, D. N., Murthy, K. N., Mohan, C. D., Lakshmeesha, T. R., Singh, B., ... & Srivastava, R. K. (2019). *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity—A review. *Saudi journal of biological sciences*, 26(7), 1315-1324.
- Vicente, J. G., & Holub, E. B. (2013). *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (cause of black rot of crucifers) in the genomic era is still a worldwide threat to brassica crops. *Molecular plant pathology*, 14(1), 2-18.
- Vos, C. M., De Cremer, K., Cammue, B. P., & De Coninck, B. (2015). The toolbox of *Trichoderma* spp. in the biocontrol of *Botrytis cinerea* disease. *Molecular plant pathology*, 16(4), 400-412.
- Weiberg, A., Wang, M., Lin, FM, Zhao, H., Zhang, Z., Kaloshian, I., ... y Jin, H. (2013). Los ARN pequeños fúngicos suprimen la inmunidad de las plantas al secuestrar las vías de interferencia del ARN del huésped. *Ciencia*, 342 (6154), 118-123.

Zhang, C., Ali, S., Musa, P. D., Wang, X. M., & Qiu, B. L. (2017). Evaluation of the pathogenicity of *Aschersonia aleyrodis* on *Bemisia tabaci* in the laboratory and greenhouse. *Biocontrol science and technology*, 27(2), 210-221