

## Principales enfermedades en cítricos

Criseida Alhelí Sáenz Pérez<sup>1</sup>  
Eduardo Osorio Hernández<sup>1§</sup>  
Benigno Estrada Drouaillet<sup>1</sup>  
Wilberth Alfredo Poot Poot<sup>1</sup>  
Rafael Delgado Martínez<sup>1</sup>  
Raúl Rodríguez Herrera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Estudios de Postgrado e Investigación-Facultad de Ingeniería y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. Tel. 834 3181721, ext. 2111. (alhe.saenz@outlook.com; benestrada@docentes.uat.edu.mx; wpoot@docentes.uat.edu.mx; rdelgado@docentes.uat.edu.mx). <sup>2</sup>Departamento de Investigación en Alimentos-Facultad de Ciencias Químicas-Universidad Autónoma de Coahuila. Boulevard Venustiano Carranza esquina con Ing. José Cárdenas Valdés, Col. República, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25280. Tel. 844 4161238. (raul.rodriguez@uadec.edu.mx).

§Autor para correspondencia: eosorio@docentes.uat.edu.mx.

### Resumen

Los cítricos son uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial, ya que se produce en 140 países. Una de las limitantes para su producción son las enfermedades, representan daños considerables en las huertas y debido a esto disminuyen la producción y provocan pérdidas millonarias en el sector citrícola. Las principales enfermedades son: *Phytophthora* spp., *Mycosphaerella citri*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Candidatus Liberibacter* spp. y virus de la tristeza de los cítricos (VTC). Los patógenos pueden presentarse en cualquier etapa fenológica del cultivo y en toda la planta, ya sea en hojas, tallos, raíces o frutos. Dichos microorganismos causan síntomas de clorosis, moteado, menor desarrollo y crecimiento, deficiencias en la absorción de agua y nutrientes, pudrición, necrosis y en casos más extremos la muerte de la planta. Para el manejo de los fitopatógenos existen diferentes alternativas, la aplicación de agroquímicos a base de azufre y cobre (oxiclورو y sulfato) son eficientes en 70%, además, el uso de variedades resistentes (*C. volkameriana*, *C. aurantium*, entre otros), medidas culturales como termoterapia, control de malezas y buen drenaje en el huerto. Por otra parte, en menor medida se implementa el control biológico, la aplicación de microorganismos benéficos (*Trichoderma*, *Bacillus subtilis*) han demostrado efectividad hasta 80%. Así como la liberación de parasitoides y depredadores como *Tamarixia radiata*, *Cycloneda sanguinea* y *Harmonia axyridis*, los cuales representan una buena alternativa para el control de vectores. Por lo anterior, el objetivo de esta revisión es describir el impacto y estatus de las principales enfermedades de cítricos presentes en México.

**Palabras clave:** control, epidemiología, patógeno, sintomatología.

Recibido: agosto de 2019

Aceptado: septiembre de 2019

El género *Citrus* es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, se distribuye en las regiones tropicales y subtropicales de más de 140 países (Vu *et al.*, 2018). Este cultivo tiene una producción mundial superior a los 124 millones de toneladas, los principales países productores son China, Brasil, India, Estados Unidos de América, España y México (FAO, 2017). En México, actualmente la superficie cultivada de cítricos es de 590 000 ha y un volumen de producción de 8 millones de toneladas (SIAP, 2019). Sin embargo, la producción de cítricos se ve afectada por el daño de plagas y enfermedades (Zhang *et al.*, 2012), que se traduce pérdidas económicas.

Para contrarrestar esta problemática es necesaria la supervisión del cultivo y la detección de los patógenos en la primera fase de infección para disminuir su incidencia (Martinelli *et al.*, 2015). Las enfermedades en cítricos las causan primordialmente hongos, virus y bacterias. Concerniente a hongos, estos microorganismos conforman la mayoría de los agentes fitopatógenos en el género *Citrus* (Baraona y Sancho, 2000) y su daño puede manifestarse en raíces, troncos, ramas, hojas y frutos (Zhao *et al.*, 2015; Showler, 2017).

Dentro de las enfermedades criptogámicas de mayor importancia en los cítricos, se encuentran: *Phytophthora* spp., *Mycosphaerella citri* y *Lasiodiplodia theobromae* (Zhao *et al.*, 2015; García-Martín *et al.*, 2018). De manera general, estos patógenos provocan lesiones y pudrición del tallo (Yan *et al.*, 2017), manchas necróticas en hojas (Silva *et al.*, 2015), defoliación del árbol (Picos-Muñoz *et al.*, 2015), pudrición de frutos y raíces, disminuyen el vigor y la producción del árbol (Showler, 2017) y por último la muerte (Graham *et al.*, 2013).

Por otro lado, los virus dependen completamente de un hospedero para poder sobrevivir, como lo son algunas especies de plantas, se diseminan por medio de insectos, nematodos, ácaros y propagación de material vegetal, las principales enfermedades virales son: exocortis, excrecencia de las venas y agallas leñosas de los cítricos, virus de la tristeza de los cítricos y leprósia (Agustí, 2010). Las enfermedades bacterianas disminuyen la producción y en casos más severos la muerte de los árboles (Hernández *et al.*, 2013).

Como sucede con la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp., causante del huanglongbing o enverdecimiento de los cítricos, la cual es considerada actualmente como la enfermedad más destructiva de los cítricos, desde su aparición en China a finales del siglo XX hasta 2017 ha causado la muerte de más de 60 millones de árboles (Zhang *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2017). En base a lo anterior, el objetivo de esta revisión es resumir y discutir el impacto y estatus de las principales enfermedades de cítricos presentes en México.

### **Gomosis (*Phytophthora* spp.)**

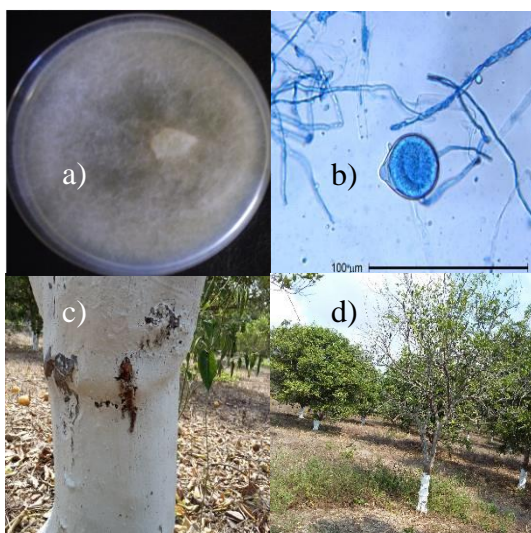
Importancia económica: el patógeno está presente en la mayoría de las huertas de cítricos en Brasil, California y Florida, en las dos últimas locaciones el patógeno reduce la producción 46% y 8%-20% del total de la superficie cultivada respectivamente, se traduce en pérdidas que ascienden de los 30 a los 60 millones de dólares (Graham y Feichtenberger, 2015). Del mismo modo, en Tabasco hay una incidencia de la enfermedad de 10%, que representa pérdidas de 730 mil toneladas.

Etiología y epidemiología: la morfología del micelio es cenocítica con colonias algodonosas de color blanco (Figura 1a) (Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2016). La ontogenia del esporangióforo es simple y los esporangios son papilados, caducos, de forma fusiforme con inserción de

pedicelo largo y descentrado (Figura 1b) (Hanumanthappa *et al.*, 2018). Diversos factores influyen en la aparición de la enfermedad, salpicaduras de lluvia, escorrentía, sistemas de riego por aspersión, estancamiento de agua, variedades susceptibles e injertos cercanos al suelo (Baraona y Sancho, 2000).

Del mismo modo, para la multiplicación y diseminación de esporas del patógeno se requiere una humedad relativa mayor a 80% y temperaturas de 28 °C a 32 °C (Vicent, 2011). La infección inicia al nivel del suelo por las zoosporas que se transportan por medio del agua y se extiende por el tronco y baja hasta las raíces (Srinivasulu *et al.*, 2018).

Sintomatología: la gomosis del tallo se manifiesta cerca del suelo, en la unión del portainjerto y la variedad (Figura 1c), de la misma manera, el patógeno anilla el tallo, afecta la corteza de la raíz hasta descomponer las raíces fibrosas (Yan *et al.*, 2017). Por lo tanto, disminuye la absorción de agua y nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, fierro y magnesio. En consecuencia, el árbol presenta clorosis, defoliación, menor crecimiento vegetativo y producción de fruto (Figura 1d) (Tanoi y Kobayashi, 2015; Srivastava y Shirgure, 2018).



**Figura 1. a) crecimiento de *Phytophthora* spp.; b) micelio y esporangio de *Phytophthora*.; c) goma en el tronco; y d) árbol con síntomas de gomosis.**

Métodos de control: debido a su alta toxicidad contra el patógeno, bajo costo y efectos residuales prolongados (Lamichhane *et al.*, 2018), el método de control más común es el uso de fungicidas químicos como fosfitos y sulfato de cobre (Graham y Feichtenberger, 2015). Por ejemplo, aplicaciones trimestrales durante un año vía inyección troncal de fosetil aluminio en conjunto con propamocarb (2.8 L ha<sup>-1</sup>), muestran el doble de eficacia en el ataque de la enfermedad (Pabón-Villalobos y Cataño-Zapata, 2015).

De la misma manera, el control biológico muestra una eficacia de 45% con aplicaciones de *Trichoderma* al tallo del árbol en intervalos de 21 días durante un año (Adedeji *et al.*, 2010). Por último, el uso de patrones resistentes como *Citrango Troyer*, *Citrango Carrizo*, *Swingle Citrumelo CPB 4475*, *Poncirus trifoliata* y *Citrus aurantium* representan una buena opción para el combate del patógeno (Lucas y Beltrán, 2004).

## Mancha grasienta (*Mycosphaerella citri*)

Importancia económica: la mancha grasienta de los cítricos es causada por el hongo *Mycosphaerella citri*, se considera la enfermedad fúngica foliar más importante de Florida, Texas, este de México, América Central y la cuenca del Caribe (Baraona y Sancho, 2000; Showler, 2017). Mientras que Ghana, África, la mancha grasienta es la enfermedad en fruto de mayor relevancia, y puede ocasionar una pérdida del 22% en la producción de cítricos (Brentu *et al.*, 2012). En México se detectó por primera vez en 1980 en los estados de Chiapas y Tabasco, posteriormente en Veracruz. El combate de este hongo representa del 35 al 45% del costo total de producción (Orozco-Santos *et al.*, 2012).

Etiología y epidemiología: el hongo *Mycosphaerella citri* se caracteriza por sus hifas verdosas, las cuales conforman los conidióforos con conidiogénicas integradas que se expanden cerca del ápice, las cicatrices pueden ser generalmente pigmentadas y oscura. Por otra parte, los conidios se forman de manera individual o en cadenas cortas. La forma de las ascosporas varía de cilíndrica a fusiforme, verrugosas, obovadas a obconicales, subhialinas a pigmentadas, 0-pluri-septadas, con hila refractaria conspicua, ligeramente pigmentada, espesada (Crous *et al.*, 2009).

La hojarasca es la principal fuente de inóculo para esta enfermedad, durante el invierno está presente como pseudotecios y una vez que las ascosporas están maduras se diseminan con mayor facilidad por las corrientes de aire (Showler, 2017), la humedad relativa cercana a 100% y altas temperaturas (35 °C) durante periodos prolongados favorecen la manifestación de la enfermedad (Silva *et al.*, 2015).

Sintomatología: la enfermedad se manifiesta principalmente en hojas y en menor proporción en frutos, los síntomas en hojas se expresan en el envés de los folíolos maduro y aparecen lesiones ligeramente elevadas de distintas tonalidades (Figura 2a y 2b). En las primeras etapas de infección, el color comienza amarillo, posteriormente marrón en un avance intermedio y finaliza con manchas negras “necrosis” o cloróticas con márgenes aceitosos (Silva *et al.*, 2015).



**Figura 2. a) y b) Los síntomas de *Mycosphaerella citri* se manifiestan con lesiones necróticas en el envés de la hoja.**

Posterior a la necrosis, la planta presenta defoliación temprana en invierno, que disminuye el vigor y el rendimiento de los frutos de 20% y 45%. En los frutos, aparecen diminutas manchas necróticas en la cáscara y demeritan el valor comercial del producto (Silva *et al.*, 2015; Showler, 2017).

Métodos de control: el uso de fungicidas cúpricos y de aceites representan una solución de control contra el hongo, sin embargo, su eficacia no es confiable (Abbas y Fares, 2009). Puesto que, el exceso de aplicaciones en un mismo ciclo provoca resistencia del hongo, en consecuencia, se presenta una alta presencia de inóculo y disminuye la efectividad en 45% (Rodríguez *et al.*, 2011).

Por otra parte, concluyeron que la aplicación de fungicidas Frutriafol y Trifloxistrobim disminuyen notablemente la incidencia y severidad del patógeno hasta en 70%. Sin embargo, la eficacia en el control del patógeno es mayor con la aplicación conjunta de Difeconazol y Azoxidifem (87.5%) y oxiclورو de cobre (75%). Del mismo modo, Showler (2017) mencionó que el uso de aceites vegetales o aceite de pescado en combinación con mezclas orgánicas tales como melaza, ácido húmico y harina de maíz reducen hasta 25% los daños en follaje.

### **Podredumbre del cuello (*Lasiodiplodia theobromae*)**

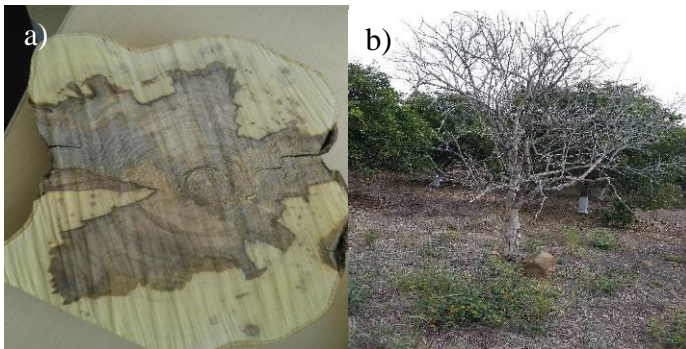
Importancia económica: el hongo *Lasiodiplodia theobromae* es de gran importancia económica (Sathya *et al.*, 2017). En México, se reporta este patógeno en los cultivos de cacao, aguacate y papaya; sin embargo, en la literatura disponible no existe un estudio que cuantifique el ataque y pérdidas monetarias de este patógeno al cultivo de cítricos (Picos *et al.*, 2015).

Etiología y epidemiología: el agente causal, *Lasiodiplodia theobromae*, muestra picnidios (cuerpos fructíferos) en forma de matraz oscuro, en etapas avanzadas de maduración cuentan con una estructura hueca, larga y en forma de cuello, por este mismo, a través de un poro circular se liberan los conidios de aspecto globoso y coloración marrón claro, a medida que maduran aparece una tabicación y estriación longitudinal, por lo cual, suelen tener un tamaño de  $31.3 - 42.9 \times 15.6 - 19.5$   $\mu\text{m}$  (Netto *et al.*, 2014).

Adicionalmente, la descripción de este patógeno se basa en la secuenciación de las regiones espaciadoras intergénicas del rDNA (ITS) y el factor de elongación 1 alfa (EF-1) (Picos *et al.*, 2015). Para el crecimiento de este hongo pleomórfico y ubicuo, temperatura de 28 °C con 75% de humedad relativa son óptimos. La infección del hongo inicia con la producción y desarrollo de picnidios en hojas muertas o senescentes.

Posteriormente, los conidios se dispersan por medio del agua o el viento e ingresan a la planta a través de heridas provocadas por insectos, poda o causas naturales. En consecuencia, el hongo coloniza endófitamente el tejido de las ramas previo a la inflorescencia, días posteriores a la floración el patógeno alcanza el pedicelo del fruto (Noriega-Cantú, 2017). Por último el patógeno ingresa a través del eje central esponjoso del fruto e infecta el cáliz y el disco floral, por lo cual, se considera a este patógeno latente, ya que provoca una infección endofítica (Sathya *et al.*, 2017).

Sintomatología: los síntomas se expresan en la pudrición del tallo, la corteza se ablanda en la periferia del botón y adquiere una coloración marrón en las superficies infectadas (Figura 3a). Por lo tanto, el patógeno se dispersa con mayor facilidad a otros órganos vegetales (Zhao *et al.*, 2016). Debajo de la cutícula el tejido se necrosa y momifica el fruto; sin embargo, en las hojas se presentan manchas en etapas más avanzadas provocando la senescencia y con ello la muerte descendente (Figura 3b) (Picos-Muñoz *et al.*, 2015).



**Figura 3. Daños por *Lasiodiplodia theobromae*. a) pudrición del tallo; y b) muerte descendente, el árbol presenta defoliación total.**

Métodos de control: el método de control común es usando químicos, derivados del cobre y azufre. Por ejemplo, aplicaciones de benomyl y oxiclورو de cobre en distintas fases fenológicas del cultivo son efectivos para el combate de este hongo. Como control biológico del patógeno, Segura-Contreras *et al.* (2017), mencionan el extracto de *Schinus molle*, a una concentración de 30% del puede inhibir 90% la presencia del hongo.

### **Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter spp.*)**

Importancia económica: el huanglongbing (HLB) o dragón amarillo, se considera una de las enfermedades más devastadoras de los cítricos a nivel mundial por su rápida diseminación y devastación, ya que disminuye los rendimientos del cultivo y ocasiona la muerte del árbol (Wang *et al.*, 2017). Su distribución abarca países del continente asiático, africano y americano (Gottwald, 2010). En México, la disminución en la producción por año es alrededor de 25% (1.84 millones de toneladas) por dicha enfermedad.

Asimismo, Salcedo *et al.* (2010) afirmaron que daños por HLB pueden alcanzar hasta 41% de la producción (tres millones de toneladas) bajo un esquema epidémico de alta intensidad. Por otra parte, los estados más afectados por el patógeno en la República Mexicana son Colima y Yucatán, con una disminución de cosecha de 17.3% y 62%, respectivamente (Mora-Aguilera *et al.*, 2016). Por el contrario, la región cítrica del estado de Sonora se encuentra libre de la enfermedad.

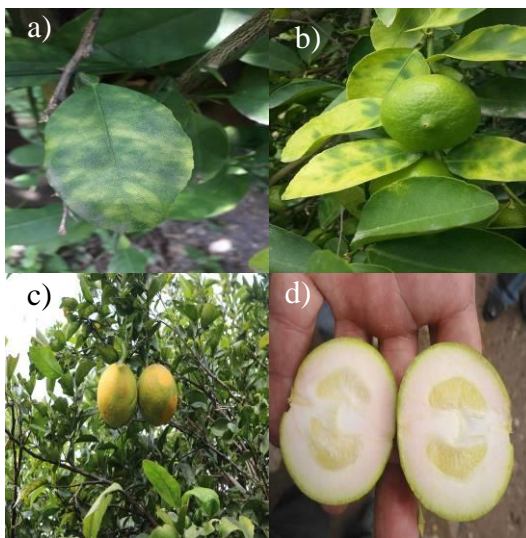
Etiología y epidemiología: el HLB está asociado a la bacteria *Candidatus Liberibacter*, presente en material vegetal infectado e insectos como *Trioza erytreae* y *Diaphorina citri* (Zhang *et al.*, 2014), este último se considera el principal vector del agente causal de la enfermedad (Hall, 2018). En base a estudios filogenéticos se ha detectado en la región 16S rRNA que *Ca. Liberibacter* pertenece a  $\alpha$ -2 proteobacteria y es una gran negativa. Además, la bacteria presenta un diámetro de 0.2 a 0.3  $\mu$ m y una membrana que contiene una capa de peptidoglicano (Camacho-Tapia *et al.*, 2016).

Las especies de *Ca. Liberibacter* que se han identificado por su patogenicidad exclusivamente en cítricos son: *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CaLas), *Candidatus Liberibacter africanus* (CaLaf), y *Candidatus Liberibacter americanus* (CaLam) (Camacho-Tapia *et al.*, 2016). La bacteria se localiza en la hemolinfa y las glándulas salivales de insectos vectores, ingresa a la planta

por medio del estilete del psílido y viaja; a través, de los tubos cribosos del floema hasta llegar al sistema radicular, es aquí donde la bacteria se replica y se distribuye de manera irregular al resto de la planta (Johnson *et al.*, 2013).

Sintomatología: la infección en árboles se presenta con un abultamiento en la lamela media de las hojas, en ciclos más avanzados ocurren colapsos de las células del floema, en consecuencia, el tejido vascular se necrosa y bloquea la corriente y translocación de nutrientes; lo anterior, conduce a cambios anatómicos en las hojas como: amarillamiento de las nervaduras y aparición de manchas irregulares que van de tonalidades amarillas a verde oscuro (Figura 4a y 4b) (Folimonova y Achor, 2010), esta condición puede llegar a confundirse con deficiencia de zinc (McCollum *et al.*, 2016). Algunas hojas presentan el síntoma de ‘orejas de conejo’, el cual consiste en el crecimiento vertical de nuevos brotes con entrenudos comprimidos (Tolba y Soliman, 2015).

En frutos, se manifiesta en asimetría y menor tamaño (Figura 4d), engrosamiento del pericarpio, aborto de semillas, tinción amarilla de la región vascular, inversión de color (Figura 4c) y reducción de sólidos solubles y grados Brix, esta última característica demerita la calidad organoléptica, por lo tanto, no es posible su uso en la industria (Bové, 2006). Conviene destacar que la enfermedad en etapas más avanzadas ocasiona una severa defoliación en el árbol, aborto de frutos y finalmente la muerte (Wang *et al.*, 2017).



**Figura 4. Sintomatología de HLB. a y b) moteado irregular en las hojas; c) inversión del color; y d) fruto deforme con engrosamiento del pericarpio.**

Métodos de control: actualmente no existe una cura o tratamiento efectivo para el HLB, sin embargo, el manejo preventivo de la enfermedad se realiza a través del combate y erradicación del psílido mediante el control químico y biológico (Hernández *et al.*, 2013). En México, se realizan aplicaciones de insecticidas como: argenomina, azadarictina, imidacloprid, zetacipermetrina, además, el uso de antibióticos como oxitetracilina, ampicilina, estreptomina, tetraciclina y penicilina (Zhang *et al.*, 2014).

Otra opción de combate a la bacteria son los programas nutricionales a base de zinc, cobre y manganeso (Gottwald *et al.*, 2012), de igual manera, la termoterapia con rango de 40 °C- 42 °C presenta 90% de efectividad (Fan *et al.*, 2016). El control biológico se realiza mediante la liberación de *Tamarixia radiata* la cual reduce las poblaciones del psílido *Diaphorina citri*. Por último, es indispensable el uso de material vegetal certificado tolerante a HLB (Mora-Aguilera *et al.*, 2016). Actualmente, 'Lise' una variedad de limón mexicano desarrollado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Tecomán, Colima ofrece mayor resistencia al ataque de HLB. También, puede cultivarse exitosamente en los estados de Michoacán, Oaxaca y Guerrero con un rendimiento promedio de 40 t ha<sup>-1</sup> al año (SADER, 2018).

### **Virus de la tristeza de los cítricos (VTC)**

**Importancia económica:** es una de las enfermedades virales en cítricos de mayor importancia económica en el mundo. En la década de los 30's, el VTC provocó la muerte de más de 50 millones de árboles en una epidemia que se extendió en Brasil y Argentina. De manera similar, California, Florida, España, Sudáfrica, entre otros países, presentan la muerte de millones de árboles de naranja y mandarina injertados sobre naranjo agrio, así como de limón mexicano (Agustí, 2010).

En México, la presencia del patógeno VTC y el vector (*Toxoptera citricida*) fueron identificados, en 20 y 10 estados productores de cítricos (Villegas y Mora, 2011). En Tamaulipas, se registraron 150 árboles que dieron positivo al virus; asimismo, 80% de las plantaciones de cítricos en el país tienen como portainjerto el naranjo agrio (*Citrus aurantium*), patrón altamente susceptible al VTC, por lo tanto, los riesgos de pérdida son muy elevados (Ruíz-García *et al.*, 2009).

**Etiología y epidemiología:** el virión es filamentoso y flexible, tiene un tamaño de 20 kilobases de genoma de ssRNA (ingle-stranded RNA), presenta una forma helicoidal con un paso de hélice primario en un rango de 3.4-3.8 nm, cada uno de ellos cuenta con 10 subunidades de proteína que muestran un orificio central 3-4 nm, el diámetro de este fitopatógeno comprende los 12 nm y su rango de longitud abarca de los 650 nm hasta más de 2 000 nm.

Por otra parte, sus cubiertas están formadas en su mayoría por componentes proteicos. Asimismo, la proteína de la capa principal (CP, codifica el gen p25) y representa 95% del virus y la proteína de la cubierta menor (CPm, codifica el gen p27) contribuye con el resto del virus. El virus se dispersa por medio del material vegetal y áfidos, como el pulgón café (*Toxoptera citricida*) que se desarrolla en temperaturas cercanas a los 25 °C (Lomelí-Flores *et al.*, 2013). Una vez presente el patógeno disminuye el crecimiento de la planta y en consecuencia disminuyen los rendimientos.

**Sintomatología:** la enfermedad se manifiesta con clorosis en las hojas y una leve picadura de tallo, posteriormente, 50% del árbol presenta defoliación y la picadura del tallo es más notoria y cubre una mayor área, las hojas muestran halos amarillos por ambos lados, los frutos son de menor tamaño y de color verde pálido; por lo tanto, la producción de cítricos es muy poca o nula y el árbol muere.

**Métodos de control:** el control químico consiste en la aplicación de malatión (1 000 g L<sup>-1</sup>), naled (900 g L<sup>-1</sup>), diazinón (400 g kg<sup>-1</sup>) y dimetoato (400 g L<sup>-1</sup>) contra los vectores *Toxoptera citricida*, *Aphis gossypii*, *Aphis citricola* y *Toxoptera aurantii* (Abubaker *et al.*, 2017). Por el peligro que representan estos vectores, en México se implementó desde 2014 una campaña de monitoreo y detección a través de la norma NOM-031-FITO2000 (SENASICA, 2014). Además, el control



biológico; a través, de la liberación en campo de especies como *Cycloneda sanguinea* (L.) y *Harmonia axyridis*, representan una alternativa viable para combatir los vectores del VTC (Reyes-Rosas *et al.*, 2013).

Más aún, aplicaciones de extracto etanólico de *Tephrosia vogelii* al 20% han mostrado efectividad en combatir la población de *Toxoptera citricida* (Rahman *et al.*, 2016). Mientras que el uso de patrones resistentes a VTC, por ejemplo: FA5, F418, *Citrus volkameriana*, Citrumelo CPB 4475, naranjo dulce, mandarina común y Cleopatra, plantas y yemas para injerto certificadas libres del virus son alternativas eficientes (Agustí, 2010).

## Conclusiones

México es uno de los principales productores de cítricos a nivel mundial, no obstante, la presencia de enfermedades tiene un fuerte impacto agronómico y económico, con pérdidas de 10% a 80%. Los principales patógenos en el país son: *Phytophthora* spp., *Mycosphaerella citri*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Candidatus Liberibacter* spp. y Virus de la tristeza de los cítricos.

Sin embargo, los distintos métodos de control son insuficientes en los cítricos, si no se cuenta con un manejo integrado de plagas. Por lo cual, enfermedades tales como el HLB y el VTC representan a futuro una grave problemática en México, puesto que, se ha visto en otros países los graves daños que ocasionan, tanto económicamente, como en el cultivo. En otras palabras, más de 80% de la superficie del territorio nacional destinado a los cítricos corre el riesgo de disminuir su producción y reducir el número de plantas sanas.

Es necesario contar con un manejo integrado de plagas que permita al productor la toma correcta de decisiones para monitorear, prevenir, controlar o erradicar los distintos fitopatógenos y sus vectores sin que estos representen daños y pérdidas económicas considerables.

## Agradecimientos

Al personal del CESAVETAM, por su disposición y asesoría, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca para el primer autor.

## Literatura citada

- Abbas, F. and Fares, A. 2009. Best management practices in citrus Production. Tree Fores. Sci. Biotechnol. 3(1):1-11. doi: 10.1007/978-94-007-4171-3\_26.
- Abubaker, M. Y. A.; Elhassan, S. M. and Irabi, A. I. A. 2017. First report of Citrus tristeza virus (CTV) disease in commercial citrus Orchards in Sudan. Asian Res. J. Agric. 3(1):1-11. doi: 10.9734/ARJA/2017/31045.
- Adedeji, A. R.; Odebode, A. C.; Sanusi, R. A. and Olaiya, A. O. 2010. Comparative efficacy and economic viability of *Trichoderma* strains as bio-control agents for the control of *Phytophthora* pod rot of cocoa in Nigeria. African Research Review. 4(3):349-366. doi: 10.4314/afrev.v4i3.60199.
- Agustí, M. 2010. Citricultura 2ª (Ed.). Mundi Prensa. Madrid, España. 507 p.

- Álvarez-Rodríguez, B.; Carillo-Fasio, J. A.; García-Estrada, R. S. y Allende-Moral, R. 2016. Caracterización de *Phytophthora nicotianae* causante de tizón de vinca en áreas urbanas y viveros de ornamentales en Culiacán, México. Rev. Mex. Fitopatol. 34(3):35-50.
- Baraona, M. y Sancho, E. 2000. Cítricos fruticultura. Especial 1 2ª Ed. San José, Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia. 96 p.
- Bové, J. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. J. Plant Pathol. 88(1):7-37. doi: 10.4454/jpp.v88i1.828.
- Brentu, F. C.; Oduro, K. A.; Offei, S. K.; Odamttten, G. T.; Vicent, A.; Peres, N. A. and Timmer, L. W. 2012. Crop loss, aetiology, and epidemiology of citrus black spot in Ghana. Eur. J. Plant Pathol. 133(3):657-670.
- Camacho-Tapia, M.; Rojas-Martínez, R. I.; Rebollar-Alviter, A.; Aranda-Ocampo, S. and Suárez-Espinosa, J. 2016. Biological, ecological, epidemiological and management aspects of *Candidatus Liberibacter*. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 22(1):5-16. doi: 10.5154/r.rchsh.2015.09.021
- Crous, P. W.; Summerell, B. A.; Carnegie, A. J.; Wingfield, M. J.; Hunter, J. C.; Burgess, T. I.; Andjic, V.; Barber, P. A. and Groenewald, J. Z. 2009. Unravelling *Mycosphaerella*: do you believe in genera? Persoonia. 23(1):99-118. doi: 10.3767/003158509X479487.
- Fan, G. Ch.; Xia, Y. L.; Lin, X. J.; Hu, H. Q.; Wang, X. Da.; Ruan, Ch. Q.; Lu, L. M. and Liu, B. 2016. Evaluation of thermotherapy against huanglongbing (citrus greening) in the greenhouse. J. Integ. Agric. 15(1):11-119. doi: /10.1016/S2095-3119(15)61085-1.
- FAO. 2017. Citrus fruit - fresh and processed statistical bulletin 2016. <http://www.fao.org/3/a-i8092e.pdf>.
- Folimonova, S. Y. and Achor, D. S. 2010. Early events of citrus greening (huanglongbing) disease development at the ultrastructural level. Phytopathology. 100(9):949-958. doi: 10.1094/PHYTO-100-9-0949.
- García-Martin, J. F.; Olmo, M. and García, J. M. 2018. Effect of ozone treatment on postharvest disease and quality of different citrus varieties at laboratory and at industrial facility. Postharvest Biol. Technol. 137(3):77-85. doi: 10.1016/j.postharvbio.2017.11.015.
- Gottwald, T. R. 2010. Current epidemiological understanding of citrus huanglongbing. Phytopathol. 48:119-39. doi: 10.1146/annurev-phyto-073009-114418.
- Gottwald, T. R.; Graham, J. H.; Irey, M. S.; McCollum, T. G. and Wood, B. W. 2012. Inconsequential effect of nutritional treatments on huanglongbing control, fruit quality, bacterial titer and disease progress. Crop Protection. 36:73-82. doi: 10.1146/annurev-phyto-073009-114418.
- Graham, J. H. and Feichtenberger, E. 2015. *Citrus phytophthora* diseases: management challenges and successes. J. Cutaneous Pathol. 2(1):1-11.
- Graham, J. H.; Johnson, E. G.; Gottwald, T. R. and Irey, M. S. 2013. Presymptomatic fibrous root decline in citrus trees caused by huanglongbing and potential interaction with *Phytophthora* spp. Plant Dis. 97(9):1195-1199. doi:10.1094/pdis-01-13-0024-re.
- Hall, D. G. 2018. Incidence of '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' in a Florida population of Asian citrus psyllid. J. Appl. Entomol. 142(1):97-103. doi: 10.1111/jen.12466.
- Hanumanthappa, P. V.; Hegde, V.; Mahalingeshwara, S. K.; Krishna, R. M.; Edathil, R. K. and Pallem, C. H. 2018. Differentiation of *Phytophthora* species associated with plantation crops using PCR and high-resolution melting curve analysis. J. Plant Pathol. 100(2):233-240. doi:10.1007/s42161-018-0065-3.
- Hernández, M. B. 2013. Enfermedades bacterianas asociadas a cítricos. Rev. Mex. Fitopatol. 31(1):61-62. doi: 10.29312/remexca. v4i5.1168.

- Johnson, E. G.; Wu, J.; Bright, D. B. and Graham, J. H. 2013. Root loss on presymptomatic huanglongbing affected trees is preceded by *Candidatus Liberibacter asiaticus* root infection but not phloem plugging. *Plant Pathol.* 63(2):290-298. doi:10.1111/ppa.12109 10.1111/ppa.12109.
- Lamichhane, J. R.; Osdaghi, E.; Behlau, F.; Köhl, J.; Jones, J. B. and Aubertot, J. N. 2018. Thirteen decades of antimicrobial copper compounds applied in agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development.* 38(28):1-18. doi: 10.1007/s13593-018-0503-9.
- Lomelí-Flores, J. R.; Peña-Martínez, R.; Trejo-Loyo, A. G. y Villegas-Jiménez, N. Enemigos naturales del pulgón verde de los cítricos *Aphis spiraecola* patch (Hemiptera: Aphididae). *Vedalia.* 14 (1):43-53.
- Lucas, E. A. y Beltrán, P. C. 2004. *Phytophthora* en cítricos, un problema de difícil solución. *Vida Rural.* 56-62 pp.
- Martinelli, F.; Scalenghe, R.; Davino, S.; Panno, S.; Scuderi, G.; Ruisi, P. and Dandekar, A. M. 2015. Advanced methods of plant disease detection. A review. *Agron. Sustainable Development.* 35(1):1-25. doi:10.1007/s13593-014-0246-1.
- McCollum, G.; Hilf, M.; Irey, M.; Luo, W. Q. and Gottwald, T. 2016. Susceptibility of sixteen citrus genotypes to '*Candidatus Liberibacter asiaticus*'. *Plant Dis.* 100(6):1080-1086. doi:10.1094/pdis-08-15-0940-re.
- Mora-Aguilera, G.; Robles-García, P.; López-Arroyo, J. I.; Flores-Sánchez, J.; Acevedo-Sánchez, G.; Domínguez-Monge, S. and González-Gómez, R. 2016. Situación actual y perspectivas del manejo del hlb de los cítricos. *Rev. Mex. Fitopatol.* 32(2):108-119.
- Netto, M. S. B.; Assuncao, I. P.; Lima, G. S. A.; Marques, M. W.; Lima, W. G.; Monteiro, J. H. A. and Camara, M. P. S. 2014. Species of *Lasiodiplodia* associated with papaya stem-end rot in Brazil. *Fungal Diversity.* 67(1):127-141. doi: 10.1007/s13225-014-0279-4.
- Noriega-Cantú, D. H. 2017. Efecto de factores climatológicos sobre la fluctuación de esporas en árboles de mango cv. Ataulfo en Guerrero, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 35(2):227-241. doi: 10.18781/R.MEX.FIT.1610-1.
- Orozco-Santos, M.; Farías-Larios, J.; Manzo-Sánchez, J. and Guzmán-González, J. 2012. Black Sigatoka disease (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) in Mexico. *Infomusa.* 10(1):33-37.
- Pabón-Villalobos, J. and Castaño-Zapata, J. 2015. Evaluación de productos químicos y uno biológico para el manejo de *Phytophthora* spp. en naranjo 'Salustiana' injertado en portainjerto Sunki. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica.* 18(2):339-349.
- Picos-Muñoz, P. A.; García-Estrada, R. S.; León-Felix, J.; Sañudo-Barajas, A. and Allende-Molar, R. 2015. *Lasiodiplodia theobromae* en cultivos agrícolas de México: Taxonomía, hospedantes, diversidad y control. *Rev. Mex. Fitopatol.* 33(1):54-74. doi: 10.1007/s13225-014-0279-4.
- Rahman, S.; Biswas, S. K.; Barman, N. C. and Ferdous, T. 2016. Plant extract as selective pesticide for integrated pest management. *Biotech. Res. J.* 2(1):6-10.
- Reyes-Rosas, M. A.; Loera-Gallardo, J. y López-Arroyo, J. I. Comparación de control natural y químico del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4(4):495-501.
- Rodríguez, da S. V. A.; Mazza, J. S. M.; Avanza, A. M. M. y Bertucci, B. S. M. 2011. Evaluación de fungicidas y momentos de aplicación para el control de sarna en mandarinos *Clemenules* y *Otsikus*. *Fitosanidad.* 15(4):223-230.

- Ruíz-García, N.; Mora-Aguilera, G.; Rivas-Valencia, P.; Góngora-Canul, C.; Loeza-Kuk, E.; Ochoa-Martínez, D.; Ramírez-Valverde, G.; Gutiérrez-Espinoza, M. A. y Álvarez-Ramos, R. 2009. Sensibilidad de inmunopresión-elisa y das-elisa en el diagnóstico y muestreo del virus de la tristeza de los cítricos en huertos comerciales de Tamaulipas, México. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 15(1): 41-47.
- SADER. 2018. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <http://www.sicde.gob.mx/portal/bin/nota.php?from=30&accion=buscar&subrutina=pagina1&column=2&busqueda=&orderBy=Notas.FechaNota&order=ASC&fecha=&notaId=15151141575b9bd275832cc>.
- Salcedo, D.; Hinojosa, R.; Mora, G.; Covarrubias, I.; DePaolis, F.; Cíntora, C. y Mora, S. 2010. Evaluación del impacto económico de la enfermedad de los cítricos huanglongbing (HLB) en la cadena cítrica mexicana. IICA, México. 120 p.
- Sathya, K.; Parthasarathy, S.; Thiribhuvanamala, G. and Prabakar, K. 2017. Morphological and molecular variability of *Lasiodiplodia theobromae* causing stem end rot of mango in Tamil Nadu, India. *Inter. J. Pure Appl. Bio.* 5(6):1024-1031. doi: 10.18782/2320-7051.5892.
- Segura-Contreras, S.; Rodríguez-Espejo, M. and Chico-Ruiz, J. 2017. Actividad antifúngica del extracto etanólico de las hojas de *Schinus molle* sobre el crecimiento de *Lasiodiplodia theobromae* en condiciones de laboratorio. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad, Nacional de Trujillo.* 35(2):47-52.
- SENASICA. 2014. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Pulgón café de los cítricos *Toxoptera citricida* (Kirkaldy). Ficha técnica núm. 37. 1-28 pp.
- Showler, A. T. 2017. Suppression of greasy spot disease caused by *Mycosphaerella citri* Whiteside on grapefruit trees in an organic orchard using an aqueous organic mixture of composted cornmeal, humic acid, molasses, and fish oil versus vegetable oil. *Crop Protection.* 99(9):137-143. doi:10.1016/j.cropro.2017.05.016.
- SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Silva, S. X. B.; Soares, A. C. F.; Almeida, D. O.; Santos, H. P. and Laranjeira, F. F. 2015. Temporal patterns of citrus greasy spot-induced defoliation of sweet orange cultivars in Brazil. *Annals Appl. Biol.* 167(1):55-62. doi: 10.1111/aab.12208.
- Srinivasulu, A.; Pavan K. S.; Raja B. K. and Kumar K. A. 2018. Integrated nutrient & disease management in citrus. *International Journal of Chemical Studies.* 6(6):2315-2321.
- Srivastava, A. K. y Shirgure, P. S. 2018. Nutrient diagnostics and fertilizer prescription in Citrus: a perspective analysis. *J. Eco-friendly Agric.* 13(2):1-17.
- Tanoi, K and Kobayashi, N. I. 2015. Leaf senescence by magnesium deficiency. *Plants.* 4(4):756-772. doi: 10.3390/plants4040756.
- Tolba, I. H and Soliman, M. 2015. Citrus huanglongbing (greening disease) in Egypt: symptoms documentation and pathogen detection. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 15(10):2045-2058. doi: 10.5829/idosi.aejaes.2015.15.10.12794.
- Vicent, A.; Bassimba, D. D. M. and Intrigliolo, D. S. 2011. Effects of temperature, water regime and irrigation system on the release of ascospores of *Mycosphaerella nawae*, causal agent of circular leaf spot of persimmon. *Plant Pathol.* 60(5):890-898.
- Villegas, M. A. y Mora, A. A. 2011. Avances de la fruticultura en México. *Rev. Bras. Frutic.* 179-186 pp.

- Vu, T. X.; Ngo, T. T.; Mai, L. T. D.; Bui, T. T.; Le, D. H.; Bui, H. T. V. and Tran, V. T. 2018. A highly efficient *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation system for the postharvest pathogen *Penicillium digitatum* using DsRed and GFP to visualize citrus host colonization. *J Microbiol. Methods*. 144(1):134-144. doi: 10.1016/j.mimet.2017.11.019.
- Wang, N.; Pierson, E. A.; Setubal, J. C.; Xu, J.; Levy, J. G.; Zhang, Y. Z. and Martins, J. 2017. The *Candidatus Liberibacter*-host interface: insights into pathogenesis mechanisms and disease control. *Ann. Rev. Phytopathol.* 107(4):451-482. doi: 10.1146/annurev-phyto-080516-035513.
- Yan, H. X.; Zhong, Y.; Jiang, B.; Zhou, B. R.; Wu, B. and Zhong, G. G. 2017. Guanggan (*Citrus reticulata*) shows strong resistance to *Phytophthora nicotianae*. *Scientia Horticulturae*. 225(12):141-149. doi: 10.1016/j.scienta.2017.06.068.
- Zhang, M. Q.; Powell, C. A.; Guo, Y.; Doud, M. S. and Duan, Y. P. 2012. A Graft-based chemotherapy method for screening effective molecules and rescuing huanglongbing-affected citrus plants. *Phytopathology*. 102(6):567-574. doi: 10.1094/phyto-09-11-0265.
- Zhang, M.; Guo, Y.; Powell, C. H. A.; Doud, M. S.; Yang, C. H. and Duan, Y. 2014. Effective antibiotics against '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' in hlb-affected citrus plants identified via the graft-based evaluation. *PLoS ONE*. 9(11):1-11. doi: 10.1371/journal.pone.0111032.
- Zhao, W.; Bai, J.; McCollum, G. and Baldwin, E. 2015. High incidence of preharvest colonization of huanglongbing-symptomatic citrus sinensis fruit by *Lasiodiplodia theobromae* (*Diplodia natalensis*) and exacerbation of postharvest fruit decay by that fungus. *Appl. Environ. Microbiol.* 81(1):364-372. doi: 10.1128/aem.02972-14.
- Zhao, W.; Gottwald, T.; Bai, J. H.; McCollum, G.; Irey, M., Plotto, A. and Baldwin, E. 2016. Correlation of *Diplodia* (*Lasiodiplodia theobromae*) infection, huanglongbing, ethylene production, fruit removal force and pre-harvest fruit drop. *Sci. Hortic.* 212(15):162-170. doi:10.1016/j.scienta.2016.09.032.