

SÍNTOMAS PROVOCADOS POR EL *Candidatus Phytoplasma trifolii* EN DIFERENTES HOSPEDEROS EN ZACATECAS, MÉXICO

Rodolfo Velásquez Valle, Maihualy Martínez Fernández



AGRICULTURA **inirap**
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

Instituto Nacional de Investigaciones
Fitopatológicas y Fitosanitarias

Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Zacatecas
Calera de V. R., Zacatecas, Zac.

Folleto Técnico No. 102, Diciembre de 2019
ISBN 978-607-37-1163-0

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO
RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula

Secretario

Dr. Miguel García Winder

Subsecretario de Agricultura

Dr. Salvador Fernández Rivera

Subsecretario de Desarrollo Rural

Ing. Víctor Suárez Carrera

Subsecretario de Alimentación y Competitividad

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Dr. José Fernando de la Torre Sánchez

Director General

Dr. José Antonio Cueto Wong

*Coordinador de Investigación, Innovación
y Vinculación*

M. C. Jorge Fajardo Guel

Coordinador de Planeación y Desarrollo

Lic. José Humberto Corona Mercado

Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

Dr. Arturo Daniel Tijerina Chávez

Director Regional

Dr. Francisco Javier Pastor López

Director de Investigación

Ing. Ricardo Carrillo Monsiváis

Director de Administración

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

M. C. Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez

Director de Coordinación y Vinculación en Zacatecas

SÍNTOMAS PROVOCADOS POR EL
***Candidatus Phytoplasma trifolii* EN**
DIFERENTES HOSPEDEROS EN
ZACATECAS, MÉXICO

Rodolfo Velásquez Valle

Investigador del Programa Fitopatología
Campo Experimental Zacatecas
velasquez.rodolfo@inifap.gob.mx

Maihualy Martínez Fernández

Investigador del Programa Hortalizas
Campo Experimental Valle del Guadiana
martinez.maihualy@inifap.gob.mx

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Progreso 5, Barrio de Santa Catarina
Alcaldía Coyoacán
C. P. 04010, Ciudad de México
Tel. 55 38 71 87 00
ISBN 978-607-37-1163-0

Folleto Técnico Núm. 102
Primera Edición 2019

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Hecho en México.

Cita correcta:

Velásquez-Valle, R. y Martínez-Fernández, M. 2019. Síntomas provocados por *Candidatus Phytoplasma trifolii* en diferentes hospederos en Zacatecas, México. Folleto Técnico Núm 102, Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 32 páginas

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. CHILE PARA SECADO	4
3. AJO	13
4. JITOMATE	18
5. TOMATE DE CÁSCARA	20
6. OTROS HOSPEDEROS	21
7. COMENTARIOS FINALES	21
8. LITERATURA CITADA	21

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Aspecto de una flor modificada por la infección de <i>Candidatus Phytoplasma trifolii</i> , síntoma conocido como yema grande	5
Figura 2. Ocurrencia de dos sintomatologías (sépalos verde-amarillentos, endurecidos y sin desarrollo de fruto y sépalos y fruto necrosados) en las flores de una planta de chile con síntomas de yema grande.	6
Figura 3. Yemas grandes mostrando la emergencia de hojas en lugar de fruto	6
Figura 4. Comparación de la longitud del pecíolo de una flor en una planta sana (izquierda) y en una planta con una variante del síntoma de yema grande (derecha)	7
Figura 5. Rama de una planta de chile mostrando pérdida de bifurcación y emisión de yema grande en cada punto de bifurcación.	8

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 6. Rama de una planta de chile con aspecto de escoba de bruja en su porción más joven y rama “tableada”, síntomas asociados a la infección por Cpt.	9
Figura 7. Follaje de una planta de chile mostrando hojas lanceoladas, rizadas y con clorosis en el borde y en espacios intervenales	9
Figura 8. Aspecto de frutos de chile tipo Mirasol colectados en plantas con presencia de yema grande (derecha) comparados con frutos colectados en plantas asintomáticas (izquierda).	10
Figura 9. Aspecto de semillas de chile obtenidas de frutos colectados en plantas con síntomas como yema grande (izquierda) en comparación con semilla sana (derecha) . . .	11
Figura 10. Placentas provenientes de frutos colectados en plantas con síntomas de infección por fitoplasmas (derecha) y en plantas aparentemente sanas (izquierda)	11
Figura 11. Aspecto de una rama “tableada”, conferido por la “unión” de dos ramas por lo que pierde su forma característica redonda u oval.	12
Figura 12. Plantas de ajo con apariencia cerosa, clorosis y enanismo asociados con la infección por CPT	14
Figura 13. Plantas de ajo “encerado” mostrando hojas deformes que han sido asociadas a la infección por CPT.	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

- Figura 14. Plantas de ajo “encerado” mostrando lesión amarillo – café que afecta solo una porción de las hojas 15
- Figura 15. Planta de ajo con síntomas foliares (clorosis y distorsión) y en el bulbo (mayor diámetro) asociados a la infección por CPt 17
- Figura 16. Corte transversal de un bulbo de una planta de ajo con síntomas asociados a la infección por fitoplasma. 17
- Figura 17. Planta de jitomate mostrando amarillamiento del follaje, escasa o nula floración y enanismo, síntomas asociados con la infección por CPt 18
- Figura 18. Flores de jitomate (derecha) mostrando sépalos unidos (yema grande), alargados y cloróticos asociados a la infección por fitoplasmas. Observe la diferencia con el mismo síntoma en chile (izquierda) 19
- Figura 19. Planta de tomatillo infectada por *Candidatus Phytoplasma trifolii* mostrando síntomas como amarillamiento (Cortesía Dr. Luis Roberto Reveles-Torres) 20
- Figura 20. Planta de mostacilla mostrando deformación floral asociada con la infección por fitoplasmas. 21
- Figura 21. Flores de nabo silvestre mostrando engrosamiento de sépalos, síntoma asociado con la infección por fitoplasmas, compare con una inflorescencia aparentemente sana en la parte superior. . . 22

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 22. Planta de nabo silvestre mostrando enanismo y deformación foliar asociados con la infección por fitoplasmas.	22
Figura 23. Rama formando una espátula en una planta de rodadora (<i>Salsola</i> spp) presumiblemente infectada por fitoplasmas	23
Figura 24. Vista dorsal de un individuo de la chicharrita del betabel (<i>Circulifer tenellus</i> Baker).	24

1. INTRODUCCIÓN

De forma general, la relación entre un patógeno virulento y un hospedero susceptible en condiciones ambientales favorables conduce a la expresión de síntomas cuya intensidad y duración son variables. La producción de síntomas por un patógeno en un rango de hospederos es, generalmente, constante, especialmente sí los hospederos pertenecen a la misma familia botánica. El responsable del tizón tardío, el oomiceto *Phytophthora infestans* produce el mismo tipo de lesiones necróticas sobre el follaje de plantas de papa y jitomate. Por su parte, la bacteria que causa la mancha bacteriana *Xanthomonas vesicatoria* pv. *vesicatoria*, origina el mismo tipo de daño, una mancha oscura, en jitomate como en chile. Los síntomas de amarillamiento, rigidez del follaje y enanismo son comunes en plantas de chile y jitomate infectadas por las variantes del Beet curly top virus.

En Zacatecas el fitoplasma denominado *Candidatus Phytoplasma trifolii* ha sido identificado en el tejido de diferentes hospederos pertenecientes a dos familias botánicas; Solanaceae, donde se encuentran el chile, el jitomate y el tomatillo o tomate de cáscara y Alliaceae, a la que pertenece el ajo. El rango de síntomas entre esos hospederos es amplio tomando en cuenta que involucra representantes de dos familias botánicas y un insecto vector, la chicharrita del betabel (*Circulifer tenellus* Baker), con un hábito de alimentación polífago.

Los fitoplasmas pertenecen a la clase Mollicutes, un grupo diverso de procariotes sin pared celular, con

genomas pequeños (680 – 1600 kb), ricos en adenina – timina; se multiplican solamente dentro de las células del floema de su hospedero y son transmitidos por insectos que se alimentan en el floema, especialmente chicharritas en las cuales se multiplican y pueden causar enfermedades. Los fitoplasmas no pueden ser cultivados *in vitro* por lo que se encuentran poco caracterizados; la carencia de pared celular los hace naturalmente resistentes a los antibióticos que inhiben la síntesis de esta. Los fitoplasmas se reproducen asexualmente por gemación o fisión binaria; son pleomórficos, es decir, no tienen una forma definida; esta condición los favorece para pasar de célula en célula con la ayuda de fluidos vasculares (Liefting *et al.*, 2004; Arismendi *et al.*, 2010).

Las plantas infectadas por estos patógenos exhiben síntomas como enanismo, proliferación de brotes y filodia que han sido parcialmente atribuidos a una pérdida del balance hormonal y alteraciones en la fotosíntesis y en las sustancias de reserva (Camarena y De la Torre, 2008; Jomantiene *et al.*, 2010). Recientemente, Buxa *et al.* (2015) indicaron que la infección por fitoplasmas conduce a cambios masivos en la fisiología del floema asociados con daños en la translocación de asimilados que se traduce en baja productividad, declinamiento general y pérdida de vigor del hospedero. El análisis bioquímico de plantas de chile tipo Mirasol sintomáticas de yema grande colectadas en Zacatecas revelaron que se manifestó una tendencia a una acumulación progresiva en fenoles totales, flavonoides, taninos condensados y antocianinas (Reveles Torres *et al.*, 2018a).

La transmisión de los fitoplasmas se encuentra restringida a ciertas familias dentro del suborden *Auchenorrhyncha*: *Cercopidae*, *Cixiidae*, *Derbidae*, *Delphacidae*, *Psyllidae* y *Cicadellidae*. Aunque no todas las especies de una familia actúan como vectores. El proceso de transmisión de fitoplasmas por insectos requiere algunos elementos de especificidad hospedero patógeno; los insectos vectores pueden adquirir más de una especie de fitoplasma ya sea por alimentarse en plantas con infección múltiple o por alimentarse en plantas infectadas con diferentes fitoplasmas (Ertunc, 2013); consecuentemente, el rango de hospederos para cada fitoplasma dependerá del comportamiento alimenticio del vector (Camarena y De la Torre, 2008). Los fitoplasmas entran al insecto a través del estilete, se mueven por el intestino y son absorbidos hacia la hemolinfa. Posteriormente, en un proceso que puede tomar algunas semanas, las glándulas salivales son colonizadas; el fitoplasma debe multiplicarse en ellas de tal manera que el insecto vector al alimentarse introduzca en la planta sana una dosis efectiva del fitoplasma. Una vez que adquieren el fitoplasma, los vectores permanecen infectados por el resto de su vida, pero usualmente no hay transmisión de esos patógenos por medio de los huevecillos o transovariana (Christensen et al., 2005; Bertaccini y Duduk, 2009).

En Zacatecas México se ha reportado la presencia de *Candidatus Phytoplasma trifolii* en hortalizas de gran importancia económica como chile para secado (*Capsicum annuum* L.), ajo (*Allium sativum* L.), jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y tomatillo de cáscara

(*Physalis* sp). La chicharrita del betabel ha sido consistentemente asociada como vector de ese patógeno en la mayoría de los casos. En Líbano, *Candidatus Phytoplasma trifolii* fue detectado en plantas de chile y jitomate (Choueiri *et al.*, 2007).

El objetivo del actual folleto es revisar y complementar la sintomatología asociada con la infección por *Candidatus Phytoplasma trifolii* (CPT) en los diferentes hospederos en Zacatecas y compararla con la reportada en diferentes partes del mundo.

2. CHILE PARA SECADO

La sintomatología asociada con la infección de plantas de chile para secado del tipo Mirasol por CPT incluye yema grande, amarillamiento y enrollamiento foliar (Mauricio-Castillo *et al.*, 2015).

El síntoma denominado yema grande (Figura 1). es, en la mayoría de los casos, una modificación floral que consiste en un sobrecrecimiento de los sépalos que pueden o no mantenerse unidos o fusionados pero conservan su color verde. En un número elevado de casos se inicia el desarrollo del fruto que rara vez alcanza una longitud mayor a cinco milímetros.



Figura 1. Aspecto de una flor modificada por la infección de *Candidatus Phytoplasma trifolii*, síntoma conocido como yema grande.

Se han observado algunas sintomatologías que frecuentemente acompañan la expresión de yema grande y que es posible encontrar en la misma planta con el síntoma común de alargamiento de sépalos; en algunas ramas es posible encontrar que el desarrollo del fruto se detiene así como el crecimiento de los sépalos que se endurecen; en la misma rama se pueden ver otras flores con pecíolos amarillos pero cuyo sépalos y fruto se necrosan (Figura 2); en algunas ocasiones se registra la emergencia de hojas en sustitución del fruto (Figura 3); en otros casos se registra un alargamiento del pecíolo acompañado por alguna variante de yema grande (Figura 4). También es común que en una sola planta aparezcan dos o más tipos de síntomas asociados con la sustitución de flores, aunque por lo general aparecen primero las yemas grandes donde los sépalos se alargan.



Figura 2. Ocurrencia de dos sintomatologías (sépalos verde-amarillentos, endurecidos y sin desarrollo de fruto y sépalos y fruto necrosados) en las flores de una planta de chile con síntomas de yema grande.



Figura 3. Yemas grandes mostrando la emergencia de hojas en lugar de fruto.



Figura 4. Comparación de la longitud del pecíolo de una flor en una planta sana (izquierda) y en una planta con una variante del síntoma de yema grande (derecha).

El número de flores afectadas, con aspecto de yema grande (YG), es variable entre plantas; el estudio realizado por Arredondo- Pérez et al. (2013) mostró que variaba entre 5.7 y 75.4%, además la distribución de YG dentro de una planta no es uniforme; varió entre 0 y 76.9% y 6.7 a 94.7% en plantas con dos y tres ramas respectivamente. Por otro lado, en la mayoría de las plantas, la primera YG fue localizada en su porción más joven. Ocasionalmente las ramas de plantas infectadas pierden su capacidad para bifurcarse pero continúan emitiendo flores en el punto donde debería haber una bifurcación; las flores son sustituidas por la estructura de YG (Figura 5).



Figura 5. Rama de una planta de chile mostrando pérdida de bifurcación y emisión de yema grande en cada punto de bifurcación.

El follaje más antiguo de las plantas infectadas conserva su forma y color normal pero en la porción más joven se advierte que una o todas las ramas toman un aspecto de escoba de bruja (Figura 6) mientras que las hojas adquieren una lanceolada con los bordes rizados así como una clorosis que inicia en el borde de las hojas y finalmente invade la lámina foliar dejando solamente las venas con un color verde oscuro; la mayoría de las flores afectadas ocurren en esta porción de la planta (Figura 7).



Figura 6. Rama de una planta de chile con aspecto de escoba de bruja en su porción más joven y rama "tableada", síntomas asociados a la infección por CPt.



Figura 7. Follaje de una planta de chile mostrando hojas lanceoladas, rizadas y con clorosis en el borde y en espacios intervenales.

En la mayoría de los casos, los primeros frutos de las plantas infectadas no muestran síntomas de la enfermedad, sin embargo, frutos de chile tipo Mirasol colectados en plantas con presencia de YG, fueron de menor tamaño, con manchas irregulares de color café y su superficie presentaba un aspecto rugoso, carentes de valor comercial (Figura 8).



Figura 8. Aspecto de frutos de chile tipo Mirasol colectados en plantas con presencia de yema grande (derecha) comparados con frutos colectados en plantas asintomáticas (izquierda).

La semilla de estos frutos posee un aspecto deforme y un color café a negro en comparación con el color amarillo – crema de la semilla proveniente de frutos sanos (Figura 9). De acuerdo con Christensen *et al.* (2005), la infestación de tejido foliar ha sido observada pero se piensa que la

transmisión por semilla no es generalmente posible debido a que el floema no tiene conexión directa con la semilla. La placenta de los frutos provenientes de plantas infectadas también presenta cambios en su coloración tomando un color café pardo en comparación con el color rosa a rojo de una placenta sana (Figura 10).



Figura 9. Aspecto de semillas de chile obtenidas de frutos colectados en plantas con síntomas como yema grande (izquierda) en comparación con semilla sana (derecha).



Figura 10. Placentas provenientes de frutos colectados en plantas con síntomas de infección por fitoplasmas (derecha) y en plantas aparentemente sanas (izquierda).

Otro síntoma asociado a la presencia de yema grande es el de ramas que pierden su característica forma redonda u ovalada y toman un aspecto “tableado” debido a que dos de las ramas se unen; frecuentemente este tipo de tallos o ramas manifiestan una proliferación de brotes en su extremo terminal que les confiere un aspecto de escoba de bruja (Figura 11).



Figura 11. Aspecto de una rama “tableada”, conferido por la “unión” de dos ramas por lo que pierde su forma característica redonda u oval.

En los estados de Guanajuato y Sinaloa, México se ha identificado otro fitoplasma denominado 'Candidatus Phytoplasma asteris' en plantas de chile y jitomate que mostraban síntomas como proliferación de brotes y hoja pequeña, aunque no se mencionó un posible vector (Santos-Cervantes *et al.*, 2008) por lo que es probable que futuros estudios revelen la presencia de nuevos fitoplasmas en la zona productora de chile del norte centro de México

3. AJO

Plantas de ajo del tipo jaspeado colectadas en una parcela comercial en el municipio de Fresnillo, Zac., en el ciclo de cultivo 2015 – 2016 fueron analizadas utilizando técnicas de biología molecular y resultaron positivas a la presencia de CPT (Reveles-Torres *et al.*, 2018b); los síntomas observados en esas plantas consistían en enanismo, amarillamiento y deformación de las hojas que mostraban una apariencia cerosa; las hojas más viejas tomaban una coloración amarillo pajizo y morían; los bulbos en la mayoría de las plantas eran de consistencia suave y de mayor tamaño que los de plantas asintomáticas (Figuras 12 y 13).



Figura 12. Plantas de ajo con apariencia cerosa, clorosis y enanismo asociados con la infección por CPt.



Figura 13. Plantas de ajo “encerado” mostrando hojas deformes que han sido asociadas a la infección por CPt.

Es frecuente que las hojas más viejas de las plantas infectadas muestren una lesión de color amarillo - café que interesa a un lado de la hoja pero que eventualmente la invade completamente y provoca su muerte (Figura 14). Esta lesión se presenta en todas las hojas hasta que solo el cogollo, la parte más joven de la planta permanece de un color verde pálido, la cual también muere en poco tiempo.



Figura 14. Plantas de ajo “encerado” mostrando lesión amarillo – café que afecta solo una porción de las hojas.

Es importante señalar que esta enfermedad puede ser confundida con la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum* Berk.) que se encuentra ampliamente distribuida en Aguascalientes, Guanajuato y Zacatecas y provoca síntomas foliares semejantes; no obstante, las plantas afectadas por CPT no son extraídas fácilmente del suelo ya que sus raíces permanecen sin daño directo; en cambio, las plantas dañadas por pudrición blanca se extraen fácilmente del suelo ya que la mayor parte de su raíz se encuentra destruida y, lo más importante, el bulbo

o una parte se encuentran cubiertos por un algodoncillo blanco que muestra unas pequeñas esferas negras llamadas esclerocios; una vez que se han observado el algodoncillo y los esclerocios se puede concluir que se trata de la pudrición blanca. En Argentina se ha reportado la presencia en las plantas de ajo de un fitoplasma denominado Garlic Decline Phytoplasma (GDIII) que provoca una coloración rojiza o amarilla en las hojas, marchitez y declinamiento general que conduce a la muerte de la planta. Los bulbos severamente infectados tienen una apariencia más oscura que los no infectados y presentan un aspecto deshidratado o momificado; no se conoce su vector pero se ha confirmado su presencia en los bulbillos y en las plantas derivadas de bulbillos infectados (Galdeano *et al.*, 2009). La sintomatología observada en Zacatecas coincide con la mencionada en otros lugares pero el agente asociado puede ser distinto; en los estados norteamericanos de Minnesota, Iowa, Wisconsin y South Dakota se ha mencionado la incidencia de plantas de ajo que mostraban coloraciones foliares amarillas o púrpura, enanismo y necrosis de la punta de las hojas; en casos severos, la planta se marchitaba y ocurría su muerte. El aspecto de los bulbos afectados variaba entre pequeños y suaves hasta casi normales; el diagnóstico molecular identificó la presencia de un fitoplasma perteneciente al grupo Aster Yellows 16SrI (Mollov *et al.*, 2014).

En Zacatecas los bulbos de las plantas afectadas son de consistencia suave, pueden mostrar un mayor diámetro que los de plantas asintomáticas debido a que las catáfilas se engrosan considerablemente y en la mayoría

de los casos no se forman dientes o bulbillos (Velásquez et al., 2010) (Figuras 15 y 16).



Figura 15. Planta de ajo con síntomas foliares (clorosis y distorsión) y en el bulbo (mayor diámetro) asociados a la infección por CPT



Figura 16. Corte transversal de un bulbo de una planta de ajo con síntomas asociados a la infección por fitoplasma.

La ocurrencia de esta sintomatología se ha observado desde el ciclo de cultivo 2007 – 2008; el 85% de las parcelas comerciales de diferentes tipos de ajo visitadas tenían plantas sintomáticas aunque su incidencia fue reducida, de 1.0 hasta 3.5% (Velásquez *et al.*, 2010).

4. JITOMATE

Plantas de jitomate de la variedad Galilea colectadas dentro de una parcela comercial en Jalpa, Zac. y que mostraban síntomas como enanismo severo, amarillamiento y escasa floración (Figura 17) resultaron positivas a CPt (Salas-Muñoz *et al.*, 2016); estas plantas no mostraban el síntoma de yema grande que ha sido asociado a la infección por CPt en Líbano (Choueiri *et al.*, 2007) y por fitoplasmas no especificados en Irán u organismos parecidos a micoplasmas en Australia (Bowyer, 1974; Dehghaniy Salehi, 2011).



Figura 17. Planta de jitomate mostrando amarillamiento del follaje, escasa o nula floración y enanismo, síntomas asociados con la infección por CPt.

En Brasil a inicios de la década de 1970 una sintomatología denominada “caliz gigante” en plantas de jitomate fue descrita y atribuida a una infección viral (Flores, 1972). De manera experimental un síntoma similar a yema grande fue producido por CPT en plantas de *Solanum peruvianum*, un pariente distante del jitomate (Garcion et al., 2011). El síntoma de yema grande en plantas de jitomate fue observado en una parcela comercial en Morelos, Zac., pero aún no se finaliza el proceso de identificación molecular (Figura 18).



Figura 18. Flores de jitomate (derecha) mostrando sépalos unidos (yema grande), alargados y cloróticos asociados a la infección por fitoplasmas. Observe la diferencia con el mismo síntoma en Chile (izquierda).

5. TOMATE DE CÁSCARA

Las plantas de tomatillo de cáscara infectadas con una raza de CPT que fueron colectadas en Zacatecas mostraban síntomas como amarillamiento, enanismo, deformación foliar y filodia (Figura 19) (Mauricio-Castillo et al., 2018; Reveles-Torres et al., 2018c). En Sinaloa, un fitoplasma llamado *Candidatus Phytoplasma asteris* fue identificado en plantas de tomatillo que mostraban síntomas como hoja pequeña, amarillamiento y deformación foliar (Santos-Cervantes et al., 2007).



Figura 19. Planta de tomatillo infectada por *Candidatus Phytoplasma trifolii* mostrando síntomas como amarillamiento (Cortesía Dr. Luis Roberto Reveles-Torres).

6. OTROS HOSPEDEROS

Es importante resaltar que las plantas cultivadas no son los únicos hospederos de los fitoplasmas; Mercado-Arteaga *et al.* (2013) señalaron la presencia de fitoplasmas, sin especificar su identidad, en plantas de maleza del género *Chenopodium* que no expresaban síntomas. En Zacatecas se han observado plantas de mostacilla (*Sisymbrium* spp), nabo silvestre (*Eruca* spp) y rodadora (*Salsola* spp) con síntomas como enanismo y deformación floral (Figuras 20, 21, 22 y 23) que son frecuentemente asociados con la infección por fitoplasmas; el proceso de identificación molecular se encuentra actualmente en curso.



Figura 20. Planta de mostacilla mostrando deformación floral asociada con la infección por fitoplasmas.



Figura 21. Flores de nabo silvestre mostrando engrosamiento de sépalos, síntoma asociado con la infección por fitoplasmas, compare con una inflorescencia aparentemente sana en la parte superior.



Figura 22. Planta de nabo silvestre mostrando enanismo y deformación foliar asociados con la infección por fitoplasmas.



Figura 23. Rama formando una espátula en una planta de rodadora (*Salsola* spp) presumiblemente infectada por fitoplasmas.



Figura 24. Vista dorsal de un individuo de la chicharrita del betabel (*Circulifer tenellus* Baker).

7. COMENTARIOS FINALES

En el área productora de hortalizas del estado de Zacatecas se ha reportado la incidencia de plantas de ajo, chile para secado y jitomate y tomate de cáscara mostrando síntomas que recuerdan una infección viral o un desbalance hormonal. Sin embargo, los análisis moleculares han revelado la presencia de un fitoplasma identificado como *Candidatus Phytoplasma trifolii* que es transmitido por varios géneros de chicharritas. Algunas malas hierbas han expresado síntomas similares a los de las plantas cultivadas pero aún no se termina con el proceso de identificación molecular. Asimismo, es importante señalar que aún cuando se ha identificado solamente un fitoplasma, la sintomatología es diversa y que probablemente se establezca una compleja interacción entre hospederos, el patógeno, los vectores y el ambiente por lo que la investigación en este campo está en su fase inicial.

8. LITERATURA CITADA

Arismendi, SN, Carrillo LIR y Andrade, NS. 2010. Molicutes fitopatógenos transmitidos por insectos: interacciones y efectos en sus vectores. *Agro Sur* 38:55-67.

Arredondo- Pérez A, Reveles-Torres LR y Velásquez-Valle R. 2013. Presencia de fitoplasmas asociados al síntoma de “yema grande” en chile para secado en Zacatecas, México. *Agrofaz* 13:61-69.

- Bertaccini, A and Duduk, B. 2009. Phytoplasma and phytoplasma diseases: a review of recent research. *Phytopathologia Mediterranea* 48:355-378.
- Bowyer JM. 1974. Tomato big bud, legume little leaf, and lucerne witch's broom: three diseases associated with different mycoplasma like organisms in Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 25:449-457.
- Buxa SV, Degola F, Polizzotto R, De Marco F, Loschi A., Kogel K-H, Sanita di Toppi L, van Bel AJE, and Musetti R. 2015. Phytoplasma infection in tomato is associated with re-organization of plasma membrane, ER stacks, and actin filaments in sieve elements. *Frontiers in Plant Science* Vol. 6 Article 650. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2007.01585.x
- Camarena GG y De la Torre AR. 2008. Fitoplasmas: síntomas y características moleculares. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14:81-87.
- Choueiri E, Salar P, Jreijiri F, El Zammar S, Massaad R, Abdul-Nour H, Bove J-M, Danet J-L, and Foissac X. 2007. Occurrence and distribution of 'Candidatus *Phytoplasma trifolii*' associated with diseases of solanaceous crops in Lebanon. *European Journal of Plant Pathology* 118:411-416.
- Christensen NM, Axelsen KB, Nicolaisen M, and Schulz A. 2005. Phytoplasmas and their interactions with hosts. *Trends in Plant Science* 10:526-535.

- Dehghani A and Salehi M. 2011. Tomato big bud disease in Lorestan Province. Short Report. Iranian Journal of Plant Pathology 47:165.
- Ertunc F. 2013. A new threat for Turkish horticulture: phytoplasma diseases and their vectors. Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg. 60:221-224.
- Flores E. 1972. Observaciones y pruebas sobre la enfermedad "caliz gigante" del tomate en el estado de Sao Paulo, Brasil. Agronomía Tropical 22:187-204.
- Galdeano E, Conci LR, González O, Paradell S, Di Rienzo JA, Nome C, and Conci VC. 2009. Epidemiological aspects of garlic decline disease caused by a phytoplasma in Asiatic and Argentinean garlic cultivars. Australasian Plant Pathology 38:437-443.
- Garcion, C, Eveillard, S, and Renaudin, J. 2011. Genetic control of the response to a 'Candidatus *Phytoplasma trifolii*' strain by *Solanum peruvianum*. Bulletin of Insectology 64 (Supplement):S169-S170.
- Jomantiene R, Davis RE, Lee I-M, Zhao Y, Bottner-Parker K, Valiunas D, and Petkauskaitė R. 2010. Onion is host for two phytoplasma lineages, subgroups 16Srl-A and 16Srl-(B/L)L. in Lithuania: A HinfI site revealed a SNP marking divergent branches of evolution. Journal of Plant Pathology 92:461-470.

- Liefting LW, Shaw ME, and Kirkpatrick BC. 2004. Sequence analysis of two plasmids from the phytoplasma beet-transmitted virescence agent. *Microbiology* 150:1809-1817.
- Mauricio-Castillo JA, Salas-Muñoz S, Velásquez-Valle R, Ambriz-Granados S y Reveles-Torres LR. 2015. `Candidatus *Phytoplasma trifolii` (16SrVI) en chile mirasol (*Capsicum annuum* L.) cultivado en Zacatecas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38:389-396.*
- Mauricio-Castillo, JA, Reveles-Torres LR, Salas-Luévano MA, Franco-Bañuelos A, Salas-Marina MA, and Salas-Muñoz S. 2018. First report of `Candidatus *Phytoplasma trifolii` -related strain associated with a new disease in tomatillo plants in Zacatecas, Mexico. *Plant Disease* 102:1653.*
- Mercado-Arteaga NV, Velásquez-Valle R y Reveles-Torres LR. 2013. Presencia de fitoplasmas en adultos de *Aceratagallia* spp. y plantas de *Chenopodium* spp. en Zacatecas y Chihuahua, México. *Agrofaz* 3(13):125-128.
- Mollov D, Lockhart B, Saalau-Rojas E, and Rosen C. 2014. First report of a 16SrI (Aster yellows) group phytoplasma on garlic (*Allium sativum*) in the United States. *Plant Disease* 98:419.

Reveles-Torres LR, Velásquez-Valle R, Salas-Muñoz S, Mauricio-Castillo JA, Esqueda-Dávila KCJ, and Herrera MD. 2018a. *Candidatus Phytoplasma trifolii* (16SrVI) infection modifies polyphenols concentration in pepper (*Capsicum annuum* L.) plant tissues. Journal of Phytopathology 2018:1-10.

Reveles-Torres LR, Velásquez-Valle R, Mauricio-Castillo JA, and Salas-Muñoz, S. 2018b. First report of '*Candidatus Phytoplasma trifolii*'-related strain associated with a new disease on garlic in Zacatecas, Mexico. Plant Disease 102:2636.

Reveles-Torres LR, Salas-Muñoz S, Castañeda-Longoria I y Mauricio-Castillo JA. 2018c. Identificación molecular de la presencia de fitoplasmas en el cultivo de tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hornem) en Zacatecas. Folleto Técnico Núm. 93. Campo Experimental Zacatecas–INIFAP. 45 p.

Salas-Muñoz S, Velásquez-Valle R, Reveles-Torres LR, Creamer R, and Mauricio-Castillo JA. 2016. First report of '*Candidatus Phytoplasma trifolii*'-related strain associated with a new disease in tomato plants in Zacatecas, Mexico. Plant Disease 100:2320.

Salas-Muñoz S, Mauricio-Castillo JA, Dietrich CH, Creamer, R, and Reveles-Torres LR. 2018. First report of the leafhoppers *Ceratagallia nitidula* and *Empoasca abrupta* (Hemiptera: Cicadellidae) as vectors of '*Candidatus Phytoplasma trifolii*'. Plant Disease 102:2636.

Santos-Cervantes ME, Chávez-Medina JA, Fierro-Coronado JA, Ruelas-Ayala RD, Barreras-Soto MA, Méndez-Lozano J, and Leyva-López NE. 2007. First report of Candidatus '*Phytoplasma asteris*' infecting tomatillo (*Physalis ixocarpa*) in Sinaloa, Mexico. Plant Pathology 56:721.

Santos-Cervantes ME, Chávez-Medina JA, Méndez-Lozano J, and Leyva-López NE. 2008. Detection and molecular characterization of two little leaf phytoplasma strains associated with pepper and tomato diseases in Guanajuato and Sinaloa, Mexico. Plant Disease 92:1007-1011.

Velásquez VR, Chew MIY, Reveles, HM y Amador RMD. 2010. Enfermedades provocadas por virus en el cultivo de ajo en el norte centro de México. Folleto Técnico No. 22. Campo Experimental Zacatecas – INIFAP. Calera de VR, Zacatecas, México. 62 p.

En el proceso editorial de esta publicación colaboraron:

Comisión Editorial del CEZAC:

Presidente: Dra. Raquel K. Cruz Bravo

Secretario: M. C. Ricardo A. Sánchez Gutiérrez

Vocales: Dr. Luis R. Reveles Torres, Dr. Francisco Gpe.

Echavarría Cháirez, M. C. Mayra Denise Herrera

Coordinación y edición de la información:

Dr. Rodolfo Velásquez Valle

Revisión técnica:

Dr. Luis Roberto Reveles Torres, Dr. Miguel Ángel Salas

Luévano, Dr. Jaime Mena Covarrubias

Diseño:

L. M. A. Jesús Carreón Rodríguez

Código INIFAP:

MX-0-241709-44-02-11-09-102

Campo Experimental "Zacatecas"

Kilómetro 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo

Apartado postal No. 18

Calera de V. R., Zac., 98500

Tel: 01-800-088-2222, Ext. 82301, 82333

Correo electrónico: velasquez.rodolfo@inifap.gob.mx

El proceso editorial de esta publicación y el formato electrónico se terminó en diciembre de 2019, en el Campo Experimental Zacatecas que sita en Carretera Zacatecas - Fresnillo km 24.5, A.P.18, Calera de V. R. Zac.

Tiraje: Publicación electrónica distribuida en formato PDF

Su tiraje fue de 1,000 ejemplares

Personal Investigador del Campo Experimental Zacatecas

Investigador	Programa
Dr. Guillermo Medina García	Agrometeorología y Modelaje
Ing. José Israel Casas Flores	Agrometeorología y Modelaje
M. C. Nadiezhda Y. Ramírez Cabral	Agrometeorología y Modelaje
Dr. Alfonso Serna Pérez	Fertilidad de suelos y nutrición vegetal
Ing. José Ángel Cid Ríos	Frijol y Garbanzo
M. C. Juan José Figueroa González*	Frijol y Garbanzo
M. C. Mayra Denise Herrera	Frijol y Garbanzo
Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez	Frutales
M. C. Valentín Melero Meraz	Frutales
Ing. Manuel Reveles Hernández	Hortalizas
M. C. Miguel Servin Palestina*	Ingeniería de Riego
Dra. Raquel Cruz Bravo	Inocuidad de Alimentos
M. C. Enrique Medina Martínez	Maíz
M. C. Francisco A. Rubio Aguirre	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr. Ramón Gutiérrez Luna	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr. Luis Roberto Reveles Torres	Recursos Genéticos: Forestales, Agrícolas, Pecuarios y Microbianos
Dr. Jaime Mena Covarrubias	Sanidad Forestal y Agrícola
Dr. Rodolfo Velásquez Valle	Sanidad Forestal y Agrícola
Dra. Blanca I. Sánchez Toledano	Socioeconomía

* Becarios

