



Artículo Científico

Coinfección natural de *Pospiviroid machoplantae* y *Begomovirus solanumseveri* en jitomate

María del Carmen Zuñiga-Romano¹, Daniel Leobardo Ochoa-Martínez^{1*}, Reyna Isabel Rojas-Martínez¹, Sergio Aranda-Ocampo¹, Candelario Ortega-Acosta¹, Erika Janet Zamora-Macorra². ¹Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fitosanidad-Fitopatología, Carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C. P. 56264, México. ²Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Preparatoria Agrícola, Carretera México-Texcoco, Km 38.5, Texcoco, Estado de México, C. P. 56230, México.

***Autor de correspondencia:**

Daniel Leobardo Ochoa-Martínez
ldaniel@colpos.mx

Sección:
Edición periódica

Recibido:
08 Marzo, 2026
Aceptado:
19 Julio, 2026
Publicado:
27 Julio, 2026

Cita:

Zuñiga-Romano MC, Ochoa-Martínez DL, Rojas-Martínez RI, Aranda-Ocampo S, Ortega-Acosta C, et al. 2026. Coinfección natural de *Pospiviroid machoplantae* y *Begomovirus solanumseveri* en jitomate. Revista Mexicana de Fitopatología 44(3): 128. <https://doi.org/10.18781/R.ME.X.FIT.2603-1>

RESUMEN

Antecedentes/Objetivo. En un invernadero de alta tecnología ubicado en Atlacomulco, Estado de México, se observaron altas poblaciones de mosca blanca e incidencias de hasta el 90 % de plantas de jitomate con mosaico, clorosis intervenal, deformación, rugosidad y necrosis de la hoja, síntomas asociados a virus o viroides. Con el propósito de conocer a los virus o viroides asociados a estos síntomas, la especie de mosca blanca y si ésta era portadora de alguno de ellos, se realizó un muestreo mensual durante un periodo de dos años, recolectando tejido foliar de plantas e insectos adultos de mosca blanca.

Materiales y Métodos. Se analizaron 347 plantas (211 con síntomas y 136 sin síntomas) con inmunotiras para los virus mancha necrótica de los belenes (*Orthotospovirus impatiensnecromaculae*), marchitez manchada del jitomate (*O. tomatomaculae*), mosaico del tabaco (*Tobamovirus tabaci*), mosaico del jitomate (*T. tomatotessellati*), mosaico del pepino dulce (*Potexvirus pepini*) y mosaico del pepino (*Cucumovirus CMV*) así como por RT-PCR y PCR con oligonucleótidos universales para viroides y virus de los géneros *Pospiviroid* y *Begomovirus*, respectivamente. Se extrajo ADN de los insectos y se analizó por PCR con oligonucleótidos específicos que amplifican un fragmento del gen mitocondrial (mtCOI), para identificar la especie de mosca blanca, así como con oligonucleótidos universales para begomovirus para establecer si ésta era portadora de estos virus.

Resultados. Los resultados obtenidos con las inmunotiras fueron negativos. Los fragmentos amplificados por RT-PCR y PCR fueron secuenciados y correspondieron al viroide planta macho del jitomate (*Pospiviroid machoplantae*) y el virus del enchinamiento severo del jitomate (*Begomovirus solanumseveri*). El 49.56 % de las plantas analizadas resultaron positivas al pospiviroides, 23.9 % al begomovirus y 8.93 % fueron positivas a ambos. La infección provocada solamente por el viroide fue la única que ocasionó una condición asintomática. Se identificó a *Bemisia tabaci* como la especie de mosca blanca y se determinó que era portadora de *B. solanumseveri*.

Conclusiones. Los síntomas de mosaico, clorosis intervenal, deformación y necrosis de la hoja ampollamiento y rugosidad observados en plantas de jitomate estuvieron asociados a la infección individual del viroide planta macho del jitomate (*Pospiviroid machoplantae*), virus del enchinamiento severo del jitomate y la coinfección de ambos. Se reporta por vez primera la coinfección natural del viroide planta macho con el begomovirus del enchinamiento severo del jitomate (*Begomovirus solanumseveri*). La existencia de plantas asintomáticas es un factor importante a considerar en la realización de las labores culturales para minimizar la transmisión mecánica del viroide.

Palabras clave: Infección mixta, Viral-viroidal, Pospiviroides, Mosca blanca, *Solanum lycopersicum*



INTRODUCCIÓN

En México, el jitomate (*Solanum lycopersicum*) es uno de los cultivos hortícolas más importantes, con una producción de 3.7 millones de toneladas en 2024. Actualmente, el 66 % de la producción de jitomate a nivel nacional se da bajo cubierta, el resto se produce a cielo abierto y aproximadamente el 50 % se exporta a Estados Unidos de América (SIAP, 2025). Los virus son una limitante imp

ortante para este cultivo al afectar directamente la producción y calidad de los frutos (Rojas *et al.*, 2005a). Los principales virus que infectan al jitomate pertenecen a las familias *Bromoviridae*, *Potyviridae*, *Virgaviridae*, *Alphaflexiviridae*, *Secoviridae*, *Closteroviridae*, *Bunyaviridae* y *Geminiviridae* (Afouda *et al.*, 2013; Hanssen *et al.*, 2010; Massumi *et al.*, 2009). Dentro de esta última, los virus del género *Begomovirus* están ampliamente distribuidos en zonas tropicales y subtropicales (Rojas *et al.*, 2005b) y son transmitidos de forma persistente por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) (Polston *et al.*, 2014). Los begomovirus están compuestos de una o dos moléculas de ADN monocatenarias circulares de aproximadamente 2.6 kb cada una, envueltas por una cápside icosaédrica geminada de alrededor de 18 nanómetros de diámetro (Brown *et al.*, 2015). Los begomovirus hasta ahora detectados en cultivos de jitomate en México son el *Begomovirus coheni* (virus del rizado amarillo del jitomate), *B. solanumflavi* (virus chino del jitomate), *B. capsicumhuastecoense* (virus de la vena amarilla del pimiento huasteco), *B. solanumaureivariati* (virus moteado dorado del jitomate) y el *B. solanumseveri* (virus del enrollamiento severo de la hoja del jitomate) (Brown e Idris, 2006; González-Pérez *et al.*, 2024; Idris *et al.*, 2007; Zuñiga-Romano *et al.*, 2019).

Por otra parte, a la fecha hay reportados al menos siete viroides de la familia *Pospiviroidae* que infectan de forma natural al jitomate: *Pospiviroid exocortiscitri* (viroide exocortis de los cítricos), *P. latenscolumnneae* (viroide latente de la columnnea), *P. parvicapsici* (viroide del pimiento dulce), *P. fusituberis* (viroide del tubérculo fusiforme de la papa), *P. apicimpeditum* (viroide del enanismo apical del jitomate), *P. chloronani* (viroide del enanismo clorótico del jitomate) y *P. machoplantae* (viroide planta macho del jitomate) (Zhang y Groth, 2024).

Se ha demostrado que existe la coinfección de diferentes patógenos en un mismo hospedante, como de fitoplasmas y begomovirus en berenjena (*Solanum melongena*) (Venkataravanappa *et al.*, 2018) y la infección simultánea de virus como *Potyvirus yituberosi* (virus Y de la papa), *Crinivirus flavisolani* (virus de la vena amarilla de la papa) y *Potexvirus ecspotati* (virus X de la papa) en papa (García *et al.*, 2019). También se han reportado infecciones mixtas entre virus y viroides en el cultivo de vid (*Vitis vinifera*), como *Foveavirus rupestris* (virus asociado al picado del tallo de la vid), *Marafivirus syrahense* (virus Syrah 1 de la vid) y los viroides *Hostuviroid impedi humuli* (viroide del enanismo del lúpulo) y *Apscaviroid alphaflavivitis* (viroide 1 del moteado amarillo de la vid) (Al Rwahnih *et al.*, 2009; Giampetruzzi *et al.*, 2012; Jo *et al.*, 2015; Seguin *et al.*, 2014). En jitomate se han identificado hasta 12 virus diferentes y dos viroides (*Pospiviroid parvicapsici* y *P. latenscolumnneae*) (Choi *et al.*, 2020). Las coinfecciones pueden provocar mayor severidad, la cual suele ocasionar una fuerte disminución de la producción, afectando significativamente los rendimientos de los cultivos (Hameed *et al.*, 2014).

En México, se han detectado infecciones mixtas ocasionadas por dos o más especies de begomovirus o con virus de algún otro género en el cultivo de chile (Anaya *et al.*, 2003; Reveles *et al.*, 2012). En el cultivo de jitomate bajo cubierta, se ha reportado la coinfección de dos viroides: el planta macho del jitomate (*Pospiviroid machoplantae*), en algún tiempo

nombrado equivocadamente como viroide de la papita mexicana, y el enanismo clorótico del jitomate (*P. chloronani*) (Ling y Zhang, 2009). Lugo *et al.* (2011) encontraron la coinfección de los begomovirus del enchinamiento amarillo del jitomate (*Begomovirus coheni*) y el enchinamiento de la calabaza (*B. cucurbitapeponis*), mientras que González-Pérez *et al.* (2024) reportaron la coinfección del virus mosaico del jitomate (*Tobamovirus tomatotessellati*), virus del mosaico dorado del jitomate (*Begomovirus solanumaureimusivi*) y el virus huasteco del chile (*B. capsicumhuastecoense*).

En un invernadero de producción de jitomate de alta tecnología ubicado en Atlacomulco, Estado de México, se ha observado una incidencia de hasta el 90 % de plantas con mosaico, clorosis intervenal, deformación, necrosis, ampollamientos y rugosidad foliar, en diferentes etapas de desarrollo del cultivo, que afectan el rendimiento y calidad de los frutos. Esta situación se ha presentado en diferentes ciclos de cultivo, por ello la presente investigación tuvo como objetivo identificar virus o viroides asociados a estos síntomas y la especie de mosca blanca presente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolecta de material vegetal y mosca blanca. Mensualmente durante dos años se recolectó tejido foliar de plantas de jitomate sin síntomas y con los síntomas antes indicados en un invernadero de alta tecnología localizado en Atlacomulco, Estado de México. Las plantas muestreadas tuvieron diferentes edades y el número de ellas que se colectaba cada mes fue variable dependiendo de la frecuencia con que se presentaban los síntomas. Asimismo, en cada muestreo se recolectaron hojas de plantas que no mostraban síntomas como referencia. Las muestras se envolvieron en papel absorbente y se colocaron dentro de bolsas de plástico para su traslado al laboratorio, donde se almacenaron a 4 °C hasta su procesamiento. En la base de las plantas con síntomas se colocaron trampas Moëricke conteniendo agua + jabón líquido (1000:1 v/v), para recolectar semanalmente insectos en tubos Falcon de 15 mL con etanol 96 %, de los cuales se recolectaron adultos de mosca blanca para su identificación mediante PCR punto final y secuenciación.

Detección de virus y viroides. Las muestras se analizaron con ImmunoStrips® de Agdia Inc. para los virus mancha necrótica de los belenes (*Orthotospovirus impatiensnecromaculae*), marchitez manchada del jitomate (*O. tomatomaculae*), mosaico del tabaco (*Tobamovirus tabaci*), mosaico del tomate (*T. tomatotessellati*), mosaico del pepino dulce (*Potexvirus pepini*) y mosaico del pepino (*Cucumovirus CMV*), siguiendo las instrucciones del fabricante. Adicionalmente, se realizó la extracción de ácidos nucleicos totales a partir de 0.1 g de tejido foliar de plantas con y sin síntomas, siguiendo el protocolo de Dellaporta *et al.* (1983) de todas las muestras analizadas en el período de estudio. En el caso de mosca blanca se utilizó CTAB 2 %, a partir de cuatro muestras compuestas de cinco individuos adultos cada una, siguiendo la metodología descrita por Zuñiga-Romano *et al.*, (2019). Se realizó RT-PCR y PCR (GoTaq® Flexi DNA Polymerase, Promega®) punto final con los oligonucleótidos Pospiviroid For y Pospiviroid Rev universales para viroides del género *Pospiviroid* (Bostan *et al.*, 2004). Para la retrotranscripción se utilizó la enzima M-MLV RT (Promega®) por 1 h a 42 °C y posteriormente a 95 °C por 3 min; la PCR se realizó con 30 ciclos de 30 s a 92 °C, 30 s a 62 °C y 90 s a 72 °C con una extensión final de 10 min a 72 °C; así como AV494 y AC1048 para virus del género *Begomovirus* (Wyatt y Brown, 1996) con las siguientes condiciones de amplificación: 35 ciclos de 1 min a 92 °C, 20 s a 60 °C y 30 s a 72 °C. Los productos amplificados fueron separados y visualizados

por electroforesis en gel de agarosa al 1 % con GelRed® Nucleic Acid Stain 10,000X, Biotium.

Identificación de mosca blanca. Para conocer la especie de mosca blanca se realizó PCR (GoTaq® Flexi DNA Polymerase, Promega®) con los oligonucleótidos LCO1490 y HCO2198 (Folmer, 1994) que amplifican un fragmento de ~710 pb del gen mitocondrial de la subunidad I del citocromo C oxidasa (mtCOI). Asimismo, para conocer si las moscas blancas eran portadoras de begomovirus, las cuatro muestras compuestas de cinco adultos fueron analizadas por PCR en las condiciones indicadas anteriormente para estos virus. Los fragmentos amplificados se purificaron con Wizard® SV Gel and PCR Clean-Up System (Promega®) siguiendo las instrucciones del fabricante y nueve muestras de pospiviroides y ocho de begomovirus fueron secuenciadas en MacroGen®. Las secuencias obtenidas se compararon con las del GenBank® y se incorporaron a esta base de datos.

Análisis filogenético. Para el género *Begomovirus* se elaboró el árbol filogenético en MEGAX utilizando el método Neighbor-Joining y el modelo Tajima-Nei, con 1 000 réplicas de Bootstrap. Como grupo externo se utilizó al virus del enrollamiento de la hoja de la alfalfa (*Capulavirus medicagonis*). Para el caso del género *Pospiviroid*, el árbol filogenético se realizó con el modelo de Tamura 3-parameter y se tuvo al viroide del cóleo (*Coleviroid alphacolei*) como grupo externo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Recolecta de material vegetal y mosca blanca. Los principales síntomas observados en las hojas recolectadas fueron mosaico, clorosis intervenal, deformación y necrosis de la hoja, ampollamiento y rugosidad (Figura 1); estos síntomas han sido asociados a infecciones ocasionadas por begomovirus y viroides en el cultivo de jitomate (Garzón *et al.*, 2002; Holguín *et al.*, 2004; Hammond, 2017; Škorić, 2017).

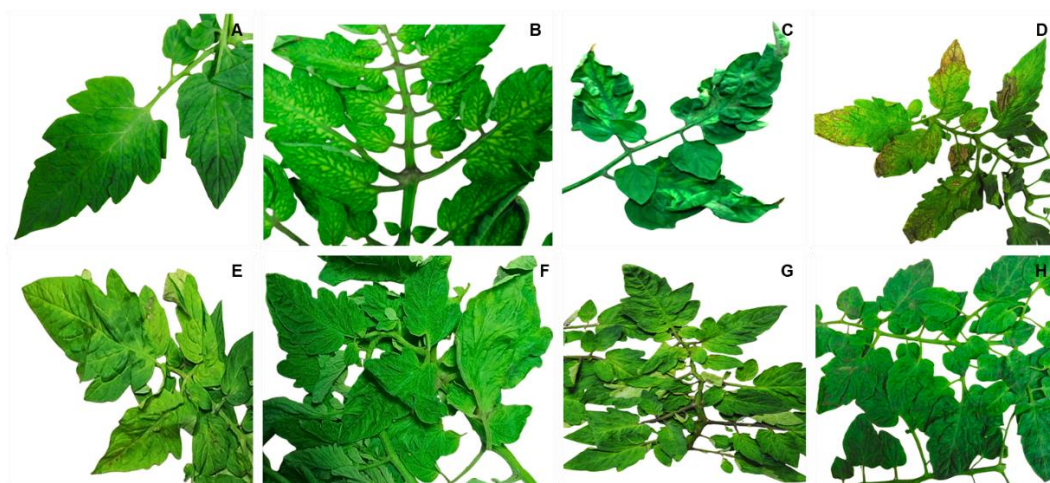


Figura 1. Síntomas observados en plantas de jitomate asociados a begomovirus. **A.** Mosaico; **B.** Clorosis intervenal; **C.** Deformación de la hoja; **D.** Necrosis; **E.** Clorosis con ampollamiento; **F.** Clorosis con deformación de hoja; **G.** Clorosis con rugosidad; **H.** Rugosidad con ligero mosaico.

Detección de virus y viroides. En los dos años de recolecta, se analizaron 347 plantas en total (211 con síntomas y 136 sin síntomas) y todas resultaron negativas con la prueba de ImmunoStrips® de los seis virus analizados. Con respecto de las pruebas de PCR, de las

211 muestras que mostraban síntomas, 97 fueron positivas solamente a *P. machoplantae*, 83 muestras únicamente para *B. solanumseveri* y 31 muestras dieron positivo para ambos patógenos (coinfeción). Además, de las 136 muestras que no presentaron síntomas, 75 fueron positivas al viroide (plantas asintomáticas) y 61 resultaron negativas a la infección por el viroide o begomovirus (plantas sanas).

Los fragmentos amplificados por RT-PCR (~200 pb) y PCR (~550 pb) para los géneros *Pospiviroid* y *Begomovirus* (Figura 2A, 2B), tuvieron una similitud de 100 % con el *Pospiviroid machoplantae* y del 97.24 al 97.83 % con diferentes aislamientos de *Begomovirus solanumseveri* (número de acceso MK3235269, MK 325270, MK325268, KC479066 y KX51835), respectivamente. Para el caso de las moscas blancas analizadas, se tuvo el producto esperado para begomovirus y sus secuencias tuvieron una identidad de 99 % con dos aislamientos de *B. solanumseveri* (números de acceso: PX582709 y PX582710).

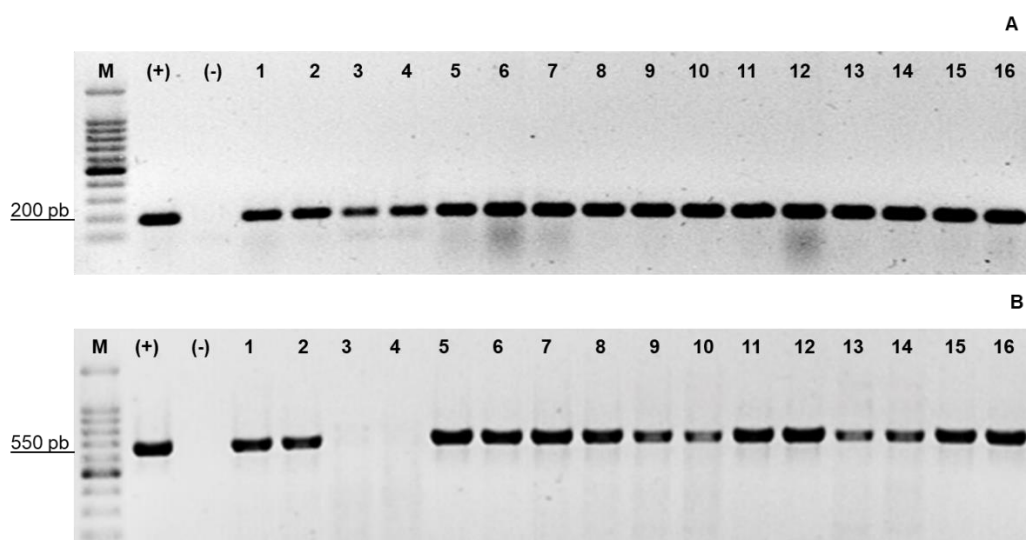


Figura 2. Electroforesis en gel de agarosa al 1 % de productos de PCR. **A.** Productos de RT-PCR obtenidos con oligonucleótidos universales para viroides del género *Pospiviroid* (~200 pb). Carril M: marcador molecular 100 pb (Promega®); Carril (+): control positivo (muestra positiva a *Pospiviroid machoplantae*); Carril (-): control negativo (agua); Carril 1-16: muestras procesadas; **B.** Productos de PCR obtenidos con oligonucleótidos universales para virus del género *Begomovirus* (~550 pb). Carril M: marcador molecular 100 pb (Promega®); Carril (+): control positivo (muestra positiva a *Begomovirus abelsmoschusmexicoense*); Carril (-): control negativo (agua); Carril 1-16: muestras procesadas.

En el presente estudio, del total de plantas analizadas (347) por amplificación de ADN en el termociclador, el 49.56 % resultaron positivas al viroide, lo cual puede deberse a la facilidad con la que estos patógenos se transmiten por vía mecánica (Hadidi *et al.*, 2022), siendo las hojas y los tallos las fuentes de inóculo más importantes, debido a las labores culturales que se realizan en este cultivo desde la producción de plántula, trasplante, poda y tutorio, entre otras, que junto con herramientas contaminadas pueden ser fundamentales en la transmisión mecánica de viroides (Flores *et al.*, 2021; Škorić, 2017). De las muestras positivas al viroide, el 56.4 % mostraba síntomas y el 43.6 % fueron asintomáticas, debido posiblemente a diferencias en la carga viroidal al momento de la inoculación o detección, así como a los diferentes momentos en los que pudo ocurrir la infección, ya que de forma general se establece que ésta es más eficiente en plantas jóvenes

que en adultas. La presencia de plantas asintomáticas positivas al viroide constituye un factor que puede contribuir de manera importante a su dispersión ya que, por su condición asintomática, pasan desapercibidas y es posible que por ello algunas prácticas de manejo (desinfestación de herramientas, por ejemplo) se realicen de forma menos estricta.

Por otro lado, se presentó un 23.9 % de muestras positivas a *B. solanumseveri*, el cual no se transmite de forma mecánica, pero sí de manera eficiente por el complejo de especies de *Bemisia tabaci* (Polston *et al.*, 2014). Dicho porcentaje es menor que el de plantas positivas al viroide, probablemente debido al control de insectos que se hace en el invernadero donde se realizó esta investigación.

Los resultados de este trabajo muestran por vez primera la coinfección natural (8.93 % de las plantas con síntomas) del viroide planta macho del jitomate con el begomovirus del enchinamiento severo del jitomate. Se ha demostrado que las coinfecciones se presentan frecuentemente de forma natural dando lugar a interacciones que pueden ser sinérgicas o antagónicas (Chávez-Calvillo *et al.*, 2016; Kwon *et al.*, 2023). En algunas coinfecciones se observa un antagonismo asimétrico debido a la competencia entre los patógenos para establecerse en la planta, originando comúnmente que uno de ellos se acumule en mayor concentración (Mascia y Gallitelli, 2016). Este aspecto requiere estudiarse para conocer qué ocurre en la interacción viroide planta macho/virus del enchinamiento severo en el jitomate. Por otro lado, en la mayoría de los casos de enfermedades virales se reportan bajos porcentajes de coinfección con respecto del número de plantas infectadas con virus individuales (Ling y Zhang, 2009; González-Pérez *et al.*, 2024), similar a lo obtenido en este trabajo.

En la presente investigación se recolectaron y analizaron 136 muestras sin síntomas como testigos negativos; sin embargo, parte de ellas resultaron positivas al viroide. Las infecciones asintomáticas causadas por estos patógenos han sido documentadas en varios casos (Hammond, 2017; Owens y Verhoeven, 2017; Rodríguez *et al.*, 2017) como en cítricos donde, mediante ensayos biológicos y RT-PCR (Palacios y Figueroa, 2024), se encontró la coinfección del viroide exocortis (*Pospiviroid exocortiscitri*) y cachexia (*Hostuviroid impedi humuli*) de los cítricos tanto en plantas con síntomas como asintomáticas (Palacios y Figueroa, 2023). El viroide de la exocortis de los cítricos puede estar presente desde vivero comúnmente de forma asintomática y al cabo de cuatro años suele ocurrir la manifestación de los síntomas (Duran-Vila, 2004) posiblemente debido, entre otras cosas, a la especie de cítrico y el patrón utilizado. Asimismo, se han reportado plantas asintomáticas en infecciones virales, tanto en coinfecciones como la del virus de la vena amarilla (*Crinivirus flavioribis*) y el virus Y (*Potyvirus yituberosi*), como en infección individual del virus X (*Potexvirus ecspotati*) (García y Franco-Lara, 2015) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* y *Solanum phureja*). Finalmente, no se observaron síntomas específicos asociados a la presencia del virus, del viroide o la coinfección, lo cual pudo deberse a diferentes factores entre los que se encuentra el orden en el que infectan los patógenos y la carga de inóculo que afecta el tipo y la expresión de síntomas (González-Jara *et al.*, 2005; Tatineni *et al.*, 2010; Wintermantel *et al.*, 2008).

Identificación de mosca blanca. Los adultos colectados de mosca blanca en las trampas Moëricke correspondieron a la especie *Bemisia tabaci* de acuerdo con el análisis molecular del gen mitocondrial (mtCOI) y cuya secuencia tuvo una identidad de 99 % con dicha especie. Las secuencias de las muestras de esta investigación fueron registradas en el GenBank con los números de acceso PX565212 y PX565213.

Análisis filogenético. Se registraron en el GenBank nueve secuencias (números de acceso: OL409105 a OL409113) del gen de la cubierta proteica que tuvieron una similitud del 99 % con el *Begomovirus solanumseveri* (Figura 3A), los cuales estuvieron estrechamente relacionados con aislamientos procedentes del Estado de México (número de acceso MK325270) y de Ixcaquixtla, Puebla (número de acceso KC479066 y KC479065); estos últimos tienen 98 % de identidad con un aislamiento del virus del enrollamiento severo de la hoja de jitomate de Guatemala (número de acceso AF130415) (Hernández *et al.*, 2013; Zuñiga-Romano *et al.*, 2019). Siete secuencias que amplificaron con los oligonucleótidos universales para viroides del género *Pospiviroid* (números de acceso OL409098 a OL409104), tuvieron una similitud del 100 % con un aislamiento de *Pospiviroid machoplantae* (número de acceso MW960968) de Ixmiquilpan, Hidalgo y formaron un grupo junto a aislamientos de *Mexican papita viroid* y *P. machoplantae* (Figura 3B) aislados de solanáceas silvestres recolectadas en Aguascalientes, México, y de tejido de jitomate cv. Rutgers procedentes de Chapingo, Estado de México, respectivamente (Kiefer *et al.*, 1983; Martínez-Soriano *et al.*, 1996). Si bien durante muchos años se consideró que *Mexican papita viroid* y *P. machoplantae* eran especies diferentes, estudios posteriores demostraron que se trata de la misma especie, actualmente es aceptada como *Pospiviroid machoplantae* (Verhoeven *et al.*, 2011; Zerbini *et al.*, 2023).

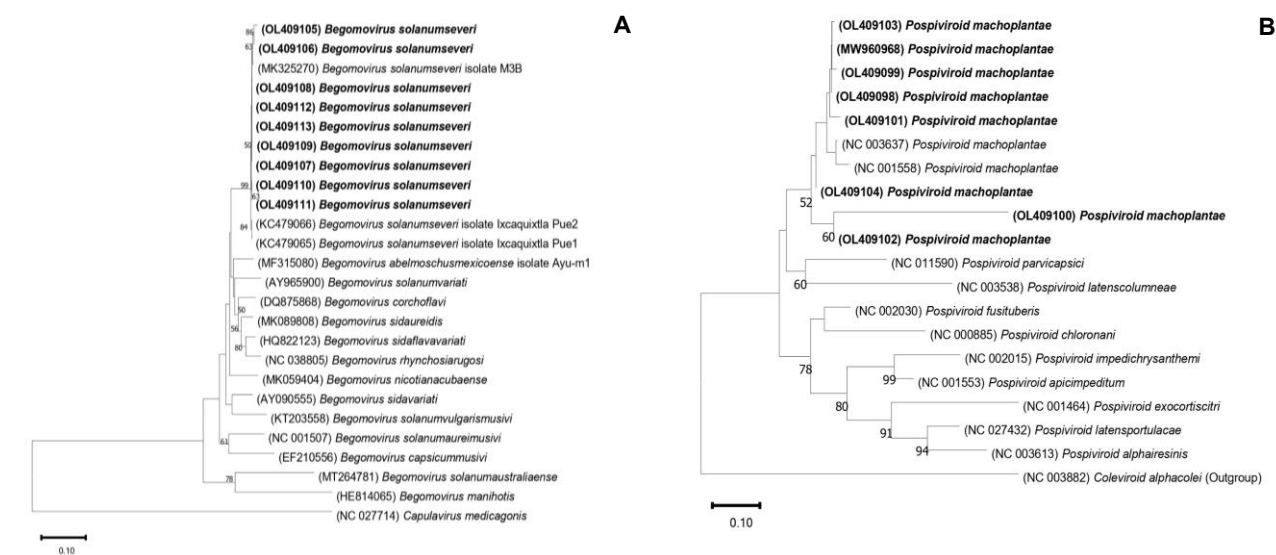


Figura 3. Árbol filogenético construido con el método de Neighbor-Joining a partir de secuencias parciales de *Begomovirus solanumseveri* y *Pospiviroid machoplantae* de los aislamientos obtenidos en este estudio. **A.** Para *B. solanumseveri* se usó el modelo de Tajima-Nei, con 1,000 réplicas de Bootstrap en el programa MEGAX y como grupo externo se utilizó a *Capulavirus medicaginis*; **B.** Para *P. machoplantae* se usó el modelo de Tamura 3-parameter, con 1,000 réplicas de Bootstrap en el programa MEGAX y como grupo externo se utilizó el *Coleviroid alphacolei*.

CONCLUSIONES

Los síntomas de mosaico, clorosis intervenal, deformación y necrosis de la hoja ampollamiento y rugosidad en plantas de jitomate estuvieron asociados a *Pospiviroid machoplantae*, *Begomovirus solanumseveri* o la coinfección de ambos patógenos; no se encontró la asociación de un síntoma con alguno de los patógenos detectados o con su coinfección. *Bemisia tabaci* es la especie de mosca blanca presente en el cultivo de jitomate

como posible portadora del begomovirus. La condición asintomática observada solamente en la infección del viroide planta macho debe estudiarse para conocer las implicaciones que puede tener en su dispersión, distribución y manejo dentro del invernadero. Se reporta por vez primera la coinfección natural del viroide planta macho con el virus del enchinamiento severo en jitomate.

Conflicto de interés. Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés con respecto a la investigación, autoría y/o publicación de este Artículo.

Agradecimientos. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) por la beca otorgada a la primera autora. Al Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fitosanidad-Fitopatología, por la oportunidad de realizar estudios de posgrado.

REFERENCIAS

- Afouda LAC, Kotchofa R and Sare R. 2013. Occurrence and distribution of virus infecting tomato and pepper in Alibori in northern Benin. *Phytoparasitica* 41: 271-276. <https://doi.org/10.1007/s12600-013-0287-z>
- Al Rwahnih M, Daubert S, Golino D and Rowhani A. 2009. Deep sequencing analysis of RNAs from a grapevine showing syrah decline symptoms reveals a multiple virus infection that includes a novel virus. *Virology* 387: 395-401. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2009.02.028>
- Anaya LJJ, Godínez HY, Muñoz SCI, Guevara OL, Guevara GRG. 2003. Identificación de resistencia contra infecciones simples y mixtas por el virus del mosaico dorado del chile (PepGMV) y el virus huasteco del chile en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 9: 225-234. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2001.08.047>
- Bostan H, Nie X and Singh RP. 2004. An RT-PCR primer pair for the detection of *Pospiviroid* and its application in surveying ornamental plants for viroids. *Journal of Virological Methods* 116: 189-193. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2003.11.014>
- Brown JK and Idris AM. 2006. Introduction of the exotic monopartite tomato yellow leaf curl virus into west coast Mexico. *Plant Disease* 90: 1360. <https://doi.org/10.1094/PD-90-1360A>
- Brown JK, Zerbini MF, Navas CJ, Moriones E, Ramos SR. 2015. Revision of begomovirus taxonomy based on pairwise sequence comparisons. *Archives of Virology* 160: 1593-1619. <https://doi.org/10.1007/s00705-015-2398-y>
- Chávez-Calvillo G, Contreras-Paredes CA, Mora-Macias J, Noa-Carrazana JC. 2016. Antagonism or synergism between papaya ringspot virus and papaya mosaic virus in *Carica papaya* is determined by their order of infection. *Virology* 489: 179-191. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2015.11.026>
- Choi H, Jo Y, Cho WK, Yu J, Tran PT. 2020. Identification of viruses and viroids infecting tomato and pepper plants in Vietnam by metatranscriptomics. *International Journal of Molecular Sciences* 21: 7565. <https://doi.org/10.3390/ijms21207565>
- Dellaporta SL, Wood J and Hicks JB. 1983. A plant DNA miniprep: version II. *Plant Molecular Biology Reporter* 1: 19-21. <https://doi.org/10.1007/BF02712670>
- Duran-Vila N. 2004. Enfermedades de cítricos causadas por viroides: exocortis y caquexia. *Vida Rural* 188: 52-56.
- Flores R, Di Serio F, Navarro B, Duran-Vila N and Owens RA. 2021. Viroids and viroid diseases of plants. Pp. 231-273. In: Hurst JC. (eds.). *Studies in viral ecology*. Wiley-Blackwell, Cincinnati, Ohio, USA. 643p. <https://doi.org/10.1002/9781119608370.ch7>
- Folmer O, Black M, Hoeh W, Lutz R and Vrijenhoek R. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology Biotechnology* 3: 294-299. https://www.mbari.org/wp-content/uploads/2016/01/Folmer_94MMBB.pdf
- García APJ y Franco-Lara L. 2015. Potato virus Y (PVY) Y Potato yellow vein virus (PYVV) en infecciones mixtas no causan síntomas atípicos en plantas de papa. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* 11: 26-37. <https://doi.org/10.18359/rfcb.1297>
- García YMG, Mejía AS, Segarra LD, Aranda M, Sánchez PAG. 2019. Coinfección natural de virus de ARN en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* subsp. *Andigena*) en Antioquia (Colombia). *Acta Biológica Colombiana* 24: 546-560. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n3.79277>
- Garzón TJA, Acosta GG, Torres PI, González CM, Rivera BRF. 2002. Presencia de los geminivirus, huasteco del chile (PHV), texano del chile variante Tamaulipas (TPV-T), y chino del tomate (VCdT), en los estados de Guanajuato, Jalisco y San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 20: 45-52. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61220108.pdf>

- Giampetruzzi A, Roumi V, Roberto R, Malossini U, Yoshikawa N. 2012. A new grapevine virus discovered by deep sequencing of virus-and viroid-derived small RNAs in Cv Pinot gris. *Virus Research* 163: 262-268. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2011.10.010>
- González-Jara P, Atencio FA, Martínez-García B, Barajas D, Tenllado F and Díaz-Ruiz JR. 2005. A single amino acid mutation in the Plum pox virus helper component-proteinase gene abolishes both synergistic and RNA silencing suppression activities. *Phytopathology* 95: 894-901. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-95-0894>
- González-Pérez E, Chiquito-Almanza E, Villalobos-Reyes S, Canul-Ku J and Anaya-López JL. 2024. Diagnosis and characterization of plant viruses using HTS to support virus management and tomato breeding. *Viruses* 16: 888. <https://doi.org/10.3390/v16060888>
- Hadidi A, Sun L and Randles JW. 2022. Modes of viroid transmission. *Cells* 11: 719. <https://doi.org/10.3390/cells11040719>
- Hameed A, Iqbal Z, Asad S and Mansoor S. 2014. detection of multiple potato viruses in the field suggests synergistic interactions among potato viruses in Pakistan. *Plant Pathology* 30: 407-415. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.05.2014.0039>
- Hammond RW. 2017. Economic significance of viroids in vegetable and field crops. Pp: 5-13. In: Hadidi A, Flores R, Randles JW and Palukaitis P. (eds.). *Viroids and Satellites*. Academic Press. London. 716p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801498-1.00001-2>
- Hanssen IM, Lapidot M and Thomma BP. 2010. Enfermedades virales emergentes de los cultivos de tomate. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 23: 539-548. <https://doi.org/10.1094/MPMI-23-5-0539>
- Hernández FB, Guzmán PR, Ochoa MDL, Sandoval VM y Livera MM 2013. Epidemiología y detección de begomovirus y *Candidatus Liberibacter psyllaurens* en plantaciones comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis de Doctorado, Posgrado en Fitosanidad-Fitopatología, Colegio de Postgraduados. 73 p.
- Holguín PRJ, Vázquez JR, Mejía RH, Garzón TJA y Rivera BRF. 2004. Geminivirus en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y rango de hospedantes en Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22: 107-116. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61222114>.
- Idris AM, Guerrero JC and Brown JK. 2007. Two distinct isolates of tomato yellow leaf curl virus threaten tomato production in Arizona and Sonora, Mexico. *Plant Disease* 91: 910. <https://doi.org/10.1094/PDIS-91-7-0910C>
- Jo Y, Choi H, Kyong CJ, Yoon JY, Choi SK and Cho WK. 2015. *In silico* approach to reveal viral populations in grapevine cultivar Tannat using transcriptome data. *Scientific Reports* 5: 15841. <https://doi.org/10.1038/srep15841>
- Kiefer MC, Owens RA and Diener TO. 1983. Structural similarities between viroids and transposable genetic elements. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 80: 6234-6238. <https://doi.org/10.1073/pnas.80.20.6234>
- Kwon MJ, Kwon SJ, Kim MH, Choi B, Byun HS. 2023. Visual tracking of viral infection dynamics reveals the synergistic interactions between cucumber mosaic virus and broad bean wilt virus 2. *Scientific Reports* 13: 7261. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34553-6>
- Ling KS and Zhang W. 2009. First report of a natural infection by *Mexican papita viroid* and Tomato chlorotic dwarf viroid on greenhouse tomatoes in Mexico. *Plant Disease* 93: 1216-1216. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-11-1216A>
- Lugo MOY, Guzmán UR, García ERS y León FJ. 2011. Geminivirus transmitidos por mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en tomate, en el valle agrícola de Culiacán, Sinaloa. *Revista Mexicana de Fitopatología* 29: 109-118. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092011000200003
- Martínez-Soriano JP, Galindo-Alonso J, Maroon CJ, Yucel I, Smith DR and Diener TO. 1996. *Mexican papita viroid*: putative ancestor of crop viroids. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 93: 9397-9401. <https://doi.org/10.1073/pnas.93.18.9397>
- Mascia T and Gallitelli D. 2016. Synergies and antagonisms in virus interactions. *Plant Science* 252: 176-192. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.07.015>
- Massumi H, Shaabani M, Pour AH, Heydarnejad J and Rahimian H. 2009. Incidence of viruses infecting tomato and their natural hosts in the southeast and central regions of Iran. *Plant Disease* 93: 67-72. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-1-0067>
- Owens RA and Verhoeven JTT. 2017. Potato spindle tuber viroid. Pp:149-156. In: Hadidi A, Flores R, Randles JW and Palukaitis P. (eds.). *Viroids and Satellites*. Academic Press. London. 716p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801498-1.00014-0>
- Palacios MF y Figueroa J. 2023. Incorporación de la RT-PCR como metodología para el diagnóstico de la exocortis de los cítricos. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán* 100: 53-56. <https://publicaciones.eaoc.gob.ar/index.php/riat/article/view/65>
- Palacios MF y Figueroa J. 2024. La RT-PCR como metodología para el diagnóstico del viroide del enanismo de los cítricos y del viroide de la curvatura de la hoja de los cítricos en el Noroeste Argentino. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán* 101: 45-49. <https://publicaciones.eaoc.gob.ar/index.php/riat/article/view/218>
- Polston JE, De Barro P and Boykin LM. 2014. Transmission specificities of plant viruses with the newly identified species of the *Bemisia tabaci* species complex. *Pest Management Science* 70: 1547-1552. <https://doi.org/10.1002/ps.3738>

- Revelles TLR, Velásquez VR, Mauricio CJA y Salas MS. 2012. Detección de infecciones mixtas causadas por begomovirus y curtovirus en plantas de chile para secado en San Luis Potosí, México. Revista Mexicana de Fitopatología 30: 155-160. https://smf.org.mx/rmf/historicoRMF/DocumentosVolumenes/Escrito_30_2_7.pdf
- Rodríguez MJB, Vadamalai G and Randles JW. 2017. Economic significance of palm tree viroids. Pp:39-47. In: Hadidi A, Flores R, Randles JW and Palukaitis P. (eds.). Viroids and Satellites. Academic Press. London. 716p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801498-1.00004-8>
- Rojas A, Kvarnheden A, Marcenaro D and Valkonen JPT. 2005a. Sequence characterization of tomato leaf curl Sinaloa virus and tomato severe leaf curl virus: Phylogeny of new world begomoviruses and detection of recombination. Archives of Virology 150: 1281-1299. <https://doi.org/10.1007/s00705-005-0509-x>
- Rojas MR, Hagen C, Lucas WJ and Gilbertson RL. 2005b. Exploiting chinks in the plant's armor: evolution and emergence of geminiviruses. Annual Review of Phytopathology 43: 361-394. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.040204.135939>
- Seguin J, Rajeswaran R, Malpica-López N, Martin RR and Kasschau K. 2014. De novo reconstruction of consensus master genomes of plant RNA and DNA viruses from siRNAs. PloS One 9: 88513. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088513>
- SIAP. 2025. Servicio De Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de www.siap.gob.mx/index. Consulta, octubre 2025.
- Škorić D. 2017. Viroid biology. Pp: 53-61. In: Hadidi A, Flores R, Randles JW and Palukaitis P. (eds.). Viroids and Satellites. Academic Press. London. 716p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801498-1.00005-X>
- Tatineni S, Graybosch RA, Hein GL, Wegulo SN and French R. 2010. Wheat cultivar-specific disease synergism and alteration of virus accumulation during co-infection with wheat streak mosaic virus and triticum mosaic virus. Phytopathology 100: 230-238. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-100-3-0230>
- Venkataramanappa V, Prasanna HC, Lakshminarayana CN and Reddy MK. 2018. Molecular detection and characterization of phytoplasma in association with begomovirus in eggplant. Acta Virologica 2: 246-258. https://doi.org/10.4149/av_2018_218
- Verhoeven JTI, Roenhorst JW and Owens RA. 2011. Mexican papita viroid and tomato planta macho viroid belong to a single species in the genus *Pospiviroid*. Archives of Virology 156: 1433-1437. <https://doi.org/10.1007/s00705-011-0975-2>
- Wintermantel WM, Cortez AA, Anchieta AG, Gulati-Sakhuja A and Hladky LL. 2008. Co-infection by two criniviruses alters accumulation of each virus in a host-specific manner and influences efficiency of virus transmission. Phytopathology 98: 1340-1345. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-98-12-1340>
- Wyatt SD and Brown JK. 1996. Detection of subgroup III geminivirus isolates in leaf extracts by degenerate primers and polimerasa chain reaction. Phytopathology 86: 1288-1293. https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1996Articles/Phyto86n12_1288.pdf
- Zerbini FM, Siddell SG, Lefkowitz EJ, Mushegian AR, Adriaenssens EM. 2023. Changes to virus taxonomy and the ICTV Statutes ratified by the International Committee on Taxonomy of Viruses 2023. Archives of Virology 168: 175. <https://doi.org/10.1007/s00705-023-05797-4>
- Zhang S and Groth HD. 2024. Viroid diseases of tomato. Pp. 379-385. In Awasthi LP. (ed.). Viral Diseases of Field and Horticultural Crops. Academic Press: Elsevier. Londres, Reino Unido <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90899-3.00024-0>
- Zuñiga-Romano MDC, Ochoa-Martínez DL, Rojas-Martínez RI y Zamora-Macorra EJ. 2019. Identificación de begomovirus en tomate y determinación de su transmisión por semilla en Atlacomulco, Estado de México. Revista Mexicana de Fitopatología 37: 279-286. <http://dx.doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1902-2>