



Detección de *Begomovirus capsicummsive* (PepGMV) y daños en chile habanero (*Capsicum chinense*) en Tabasco

Miguel Arturo Buitron-Broca¹, Carlos Fredy Ortiz-García^{1*}, Pedro Antonio Moscoso-Ramírez¹, Eder Ramos-Hernández², José Hipólito Rodolfo Mendoza-Hernández¹. ¹Colegio de Postgraduados, Periférico Carlos A. Molina, Km 3.5. Carretera Cárdenas-Huimanguillo, Cárdenas, Tabasco, CP 86500, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Carretera Federal Huimanguillo-Cárdenas Km 1, Huimanguillo, Tabasco, CP 86400, México.

*Autor de Correspondencia:
Carlos Fredy Ortiz García
cfortiz@colpos.mx

Sección:
Edición periódica

Recibido:
18 Junio, 2025
Aceptado:
16 Noviembre, 2025
Publicado:
01 Diciembre, 2025
Adelantada 2026

Cita:
Buitron-Broca MA, Ortiz-García CF, Moscoso-Ramírez PA, Ramos-Hernández E y Mendoza-Hernández JHR. 2026. Detección de *Begomovirus capsicummsive* (PepGMV) y daños en chile habanero (*Capsicum chinense*) en Tabasco. Revista Mexicana de Fitopatología 44(1): 102. <https://doi.org/10.18781/R.ME.X.FIT.2506-1>

RESUMEN

Antecedentes/Objetivo. El estudio tuvo como objetivo detectar agentes virales en cuatro cultivares de *Capsicum chinense* en Tabasco, México; describir la incidencia en cinco etapas de desarrollo, y cuantificar el rendimiento de chile habanero.

Desarrollo experimental. Se estableció un bioensayo en campo con los cultivares de chile habanero: Palenque F1, Jaguar, Orange y PX-11459057, bajo un diseño completamente al azar. Se realizaron pruebas con ImmunoStrips® (Agdia Inc.) para detectar los virus *Orthospovirus tomatomaculæ* (virus de la marchitez manchada del tomate -TSWV), *Cucumber mosaic virus* (virus del mosaico del pepino-CMV), *Alfalfa mosaic virus* (virus del mosaico de la alfalfa-AMV) y *Orthospovirus iridimaculaflavi* (virus de la mancha del iris-IYSV). También se realizó PCR para detectar *Begomovirus*. Se determinó la incidencia viral en cinco fechas durante el ciclo fenológico del cultivo, se evaluaron la producción de frutos (kg planta⁻¹ y t ha⁻¹), y su calidad. Se aplicó ANOVA con prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados. Las pruebas ImmunoStrips® fueron negativas para los cuatro virus analizados. *Begomovirus capsicummsive* (virus del Mosaico dorado del Chile-PepGMV) fue positivo por PCR en los cultivares Palenque F1, Jaguar y PX-11459057, con similitud genética superior al 98 %. Los síntomas virales incluyeron clorosis intervenal, mosaico, deformaciones foliares y enanismo. La incidencia superó el 95 % de plantas enfermas a los 113 ddt. La producción de frutos fue directamente afectada en cantidad y calidad.

Conclusión. Se confirmó la presencia de *Begomovirus capsicummsive* (PepGMV) en chile habanero en Tabasco, asociado a clorosis intervenal, deformaciones foliares y enanismo, con una incidencia mayor a 95 % a los 113 ddt. Se tuvo una producción entre 0.1 hasta 1.41kg ha⁻¹.

Palabras clave: PepGMV, *Begomovirus capsicummsive*, Chile habanero, Producción



INTRODUCCIÓN

El chile habanero (*Capsicum chinense*) es un cultivo de gran adaptabilidad a distintos climas y altitudes; además, es una fuente nutritiva y de compuestos alimenticios, cosmética y farmacéutica (Aguirre-Hernández y Muñoz-Ocoter, 2015). En México, su producción alcanza más de 31 000 toneladas, y Tabasco es el tercer productor nacional (SIAP, 2023).

El cultivo se siembra principalmente a campo abierto (85 %), expuesto al ataque de múltiples patógenos, particularmente virus transmitidos por insectos vectores (trips, mosca blanca, áfidos, otros), por semilla o contacto mecánico (Parisi *et al.*, 2020). Entre los virus más relevantes y presentes en México se reportan el *Orthotospovirus tomatomaculae* (virus de la marchitez manchada del tomate-TSWV), *Cucumber mosaic virus* (virus del mosaico del pepino-CMV), *Alfalfa mosaic virus* (virus del mosaico de la alfalfa-AMV), *Orthotospovirus iridimaculaflavi* (virus de la mancha del iris-IYSV) y *Begomovirus capsicummusive* (virus del mosaico dorado del chile-PepGMV), siendo este último propagado por *Bemisia tabaci*. Tan solo el *Tobamovirus tabaci* (virus mosaico del tabaco-TMV) genera pérdidas estimadas de 21 billones de dólares anuales en Estados Unidos (Miller, 2024). El Comité Internacional de Taxonomía de Virus (ICTV) reconoce cuatro géneros de la familia Geminiviridae: *Mastrevirus*, *Topocuvirus*, *Curtovirus* y *Begomovirus* (Fauquet *et al.*, 2008). Los Begomovirus destacan por su diversidad, transmisión por especies de mosca blanca y capacidad para infectar plantas dicotiledóneas. Su genoma puede ser monopartito o bipartito (Argüello *et al.*, 1994; Gutiérrez *et al.*, 2004; Gafni y Epel, 2002). Se han descrito más de 200 especies del género *Begomovirus* (King *et al.*, 2012). Estos virus inducen síntomas de mosaicos, clorosis, deformaciones y enanismo, y están considerados en uno de los grupos de patógenos vegetales más importantes a nivel mundial.

En México, las pérdidas por enfermedades virales en cultivos oscilan entre el 20 y el 100 % (Anaya-López *et al.*, 2003). Incluso sin síntomas visibles, las virosis reducen significativamente la productividad de las plantas, afectando tanto el tamaño como el número de frutos (Hull, 2014). Dado el impacto de las enfermedades virales en la producción de chile habanero en México (Argüello *et al.*, 2003), resulta esencial identificar con precisión los agentes causales y conocer su incidencia en distintos cultivares. En Tabasco no se cuenta con reportes previos sobre la detección específica de virus, ni del reconocimiento de síntomas asociados. Por ello, el objetivo de este trabajo fue detectar agentes virales causantes de enfermedades con sintomatología característica de virosis mediante técnicas serológicas y moleculares, en cuatro cultivares de chile habanero de Tabasco y determinar su incidencia y rendimiento bajo condiciones de campo.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Área de estudio. La investigación se realizó en Arroyo Hondo Abejónal, Cárdenas, Tabasco, con clima cálido-húmedo tropical (Am(g)w), temperaturas promedio de 26 °C y lluvias abundantes en verano y una sequía prolongada a partir de marzo. Por su fisiografía, en una llanura aluvial que se compone por sedimentos del Cuaternario reciente (Palma-López *et al.*, 2007).

Material vegetal. Se evaluaron cuatro cultivares de chile habanero: Jaguar, Orange, Palenque F1 y PX-11459057. Para su establecimiento se utilizaron plántulas de 45 días de edad y 15 cm de altura, provenientes del vivero Barbosa (Muna, Yucatán).

Diseño experimental. Se estableció el bioensayo (13 de febrero de 2024) para observar el comportamiento fitosanitario y productivo de cuatro cultivares de chile habanero. El experimento se realizó en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (cultivares) y cuatro repeticiones. Las parcelas experimentales estaban constituidas de cuatro surcos de 15 m, cada uno separado 1.5 m entre surcos. La siembra de plantas estuvo a una distancia 0.5 m, utilizando como parcela útil los dos surcos centrales de 13 m (52 plantas c/u).

Manejo agronómico. Se empleó acolchado plástico y fertirriego por goteo con la fórmula 218-196-180 kg ha⁻¹ de NPK (López-López *et al.*, 2018). No se aplicaron insecticidas durante el ciclo, con el propósito de tener infestación de mosquitas blancas para una inoculación natural de virosis. Solo se hizo una aplicación inicial para control de insectos defoliadores. Además, se utilizaron fungicidas y bactericidas de forma preventiva para evitar la presencia de otros tipos de enfermedades.

Detección de virus por pruebas serológicas con ImmunoStrips®. Se realizaron 64 pruebas rápidas en plantas sintomáticas para detectar los virus TSWV, CMV, AMV e IYSV siguiendo las indicaciones de manual del fabricante. Se maceró el tejido foliar de fragmentos de cinco hojas sintomáticas tomadas de la parte superior de distintas plantas (0.15 g por muestra) en 3 mL de la solución buffer del kit (Agdia Inc) hasta obtener un extracto homogéneo. Luego, se insertó la tira ImmunoStrip® en el extracto, dejándola a temperatura ambiente (30 °C) durante 10 a 20 minutos.

Detección de *Begomovirus* por PCR. Se colectaron muestras foliares compuestas de 10 hojas sintomáticas de la zona apical de cada cultivar. Las muestras se enviaron a procesar al laboratorio de BioCiencia S.A. de C.V. (Monterrey, N.L.). La extracción de ADN se realizó con el método Plant DNAzol®. Para la detección de *Begomovirus* emplearon los iniciadores prV-324/prC-889, dirigidos al gen cp de la cápside (Wyatt y Brown, 1996). Las amplificaciones por PCR se efectuaron en un volumen de 25 µL, con los cebadores prV-324/PrC-889 (fragmentos de 509 a 565 bp) y los productos fueron visualizados mediante electroforesis en gel de agarosa al 1 %. La secuenciación de los fragmentos amplificados, en ambos sentidos, se realizó en el laboratorio Psomagen (Maryland, EE. UU.). Las secuencias obtenidas fueron comparadas con accesiones depositadas en el GenBank del NCBI, mediante el sistema BLAST.

Descripción de síntomas virales e incidencia de plantas sintomáticas. Se registró el porcentaje de incidencia en cinco tiempos: a los 28, 49, 71, 94 y 113 días después del trasplante (ddt). Para lo cual se cuantificó el número de plantas con síntomas virales entre el total de plantas de la parcela útil. Así mismo, se documentaron los síntomas observados en el follaje, flores, fruto y el aspecto general de las plantas.

Tamaños, color y producción de frutos. Se midieron diámetro y longitud de 40 frutos, por cultivar mediante el empleo de un vernier digital (marca ENVR), se documentó las variaciones en el color típico del fruto en cada cultivar, antes de la madurez fisiológica. Se empleó la escala establecida en la guía técnica para la descripción varietal de chile habanero (SAGARPA y SNICS, 2014) para determinar su tamaño y color. Se obtuvo el promedio del peso de los frutos del chile cosechados, de las cuatro parcelas útiles de cada cultivar. La producción se expresó en kg de chile /planta y se estimó el rendimiento.

Análisis estadístico. Se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza (Lidman, 1974). Los datos de incidencia (%) se transformaron mediante la función arco seno $\sqrt{X}$, antes del ANOVA. Se realizó el ANOVA de los datos experimentales del diseño completamente al azar y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando el software Statgraphics Plus 5.1 para Windows (Polhemus, 1980).

Detección de virus con ImmunoStrips® en plántulas y plantas en campo. Las pruebas ImmunoStrips® realizadas fueron negativas para los cuatro virus analizados (TSWV, CMV, AMV e IYSV) en los cuatro cultivares (Cuadro 1). Estos virus probablemente no estuvieron presentes durante el análisis y los síntomas foliares no son atribuibles a tales virus. Estas pruebas serológicas, no necesariamente cuestiona la sensibilidad reconocidas por su eficacia en la detección de virus (Vásquez-Gutiérrez *et al.*, 2024), lo que sugiere la presencia de otros virus no detectables por los inmunoStrips utilizados (Agdia EMEA, 2024). Chew-Medinaveitia *et al.* (1995) registró datos similares en *C. annuum* con resultados serológicos negativos en plantas con síntomas virales evidentes como los de este estudio.

Detección de virus por PCR. Los cultivares Palenque F1, PX-11459057 y Jaguar presentaron amplicones de 545, 509 y 565 bp, respectivamente. En el análisis de secuencias por BLAST se observó una identidad que osciló de 98.35 a 99.02 % correspondientes a *Begomovirus capsicummusive* (Virus mosaico dorado del chile-PepGMV) (Cuadro 1). Por lo que se considera que los síntomas observados en chile habanero en Cárdenas, Tabasco, están asociados a la presencia de *B. capsicummusive*, un begomovirus de importancia económica. El virus se encontró en tres de los cuatro cultivares de chile habanero (Palenque F1, Jaguar y PX-11459057), lo cual representa el primer reporte para Tabasco. Esta detección está en concordancia con lo reportado por Gracia-Medrano *et al.* (2022) en Yucatán, donde se identificó PepGMV en más del 90 % de las muestras de *Capsicum chinense*. Los síntomas observados como mosaicos, clorosis intervenal, enchinamiento y deformación foliar fueron consistentes con infecciones por PepGMV (Brown *et al.*, 2005; Lozano-Durán *et al.*, 2011).

Cuadro 1. Porcentaje de similitud de secuencias obtenidas por PCR de virus asociados a plantas de chile habanero.

Tratamiento	Cultivar	<i>Begomovirus</i> (PCR)	Accesión	Porcentaje de similitud (%)	Especie de viral
1	Palenque Fi	Positivo	HE967533	98.35	<i>Begomovirus capsicummusive</i>
2	Jagual	Positivo	HE967533	99.02	<i>Begomovirus capsicummusive</i>
3	Orange	Negativo	-	-	-
4	PX-11459057	Positivo	LN848769	98.53	<i>Begomovirus capsicummusive</i>

Nota. N/D= No detectado

El cultivar Orange fue negativo por PCR a *Begomovirus*, esto podría atribuirse a una baja carga viral en las muestras (González-Garza, 2017; Morales *et al.*, 2017) o sintomatología asociado a otros virus. Se sugiere complementar el diagnóstico convencional con técnicas de preamplificación como la amplificación circular (RCA) para

mejorar la sensibilidad (Morales *et al.*, 2017; Sánchez *et al.*, 2021) y el análisis molecular para otros géneros de virus asociados a los síntomas.

Síntomas virales. Previo al trasplante, las plantas de las cuatro variedades no mostraban síntomas virales. A los 31 ddt, se observaron síntomas foliares de clorosis intervenal en hojas nuevas de la zona apical de las plantas, mosaicos foliares, enrollamiento, enchinamiento y así como reducción del tamaño de hojas nuevas (Figuras 1 A, B, C, D y E). A los 69 ddt, el número de plantas enfermas aumentó, y se detectó reducción de la lámina foliar y el enanismo de la planta; además, caída de botones florales (Figuras 1 F y I). A los 125 ddt, además de los daños anteriores, se registraron deformaciones y reducción en el tamaño de los frutos (Figuras 1 G y H). En el cultivar Palenque F1, se observaron frutos con pérdida de color verde, adquiriendo tonos pálidos (Figura 1 G).



Figura 1. Plantas de chile habanero con diferentes síntomas de virosis. **A)** Clorosis intervenal; **B)** mosaicos; **C)** enrollamiento de hojas; **D)** enchinamiento de hojas apicales; **E)** disminución tamaño hojas nuevas; **F)** aborto de flores; **G)** deformación y decoloración de frutos; **H)** reducción de tamaño de frutos; **I)** Síntomas de virosis desarrollados a diferentes edades de plantas.

Incidencia virus. La incidencia de plantas de chile habanero con síntomas virales fue directamente proporcional a la edad del cultivo (Figura 2). A los 28 ddt, los cultivares Jaguar (3 %) y Orange (1 %) mostraron síntomas iniciales de virosis. A los 49 ddt, durante la etapa de floración, la incidencia estuvo entre 3 y 14 %. En la etapa inicial de fructificación (71 ddt) la incidencia se elevó a 24 % en Jaguar y Orange. A los 94 ddt, en etapa productiva, las incidencias fueron mayores en: Jaguar (61 %), Orange (54 %) y Palenque F1 (48 %), mientras que el cultivar PX-11459057 solo presentaba el 25 %. Finalmente, a los 113 ddt, todos los cultivares presentaban incidencia por arriba del 95 %, y afectaciones en el tamaño de frutos.

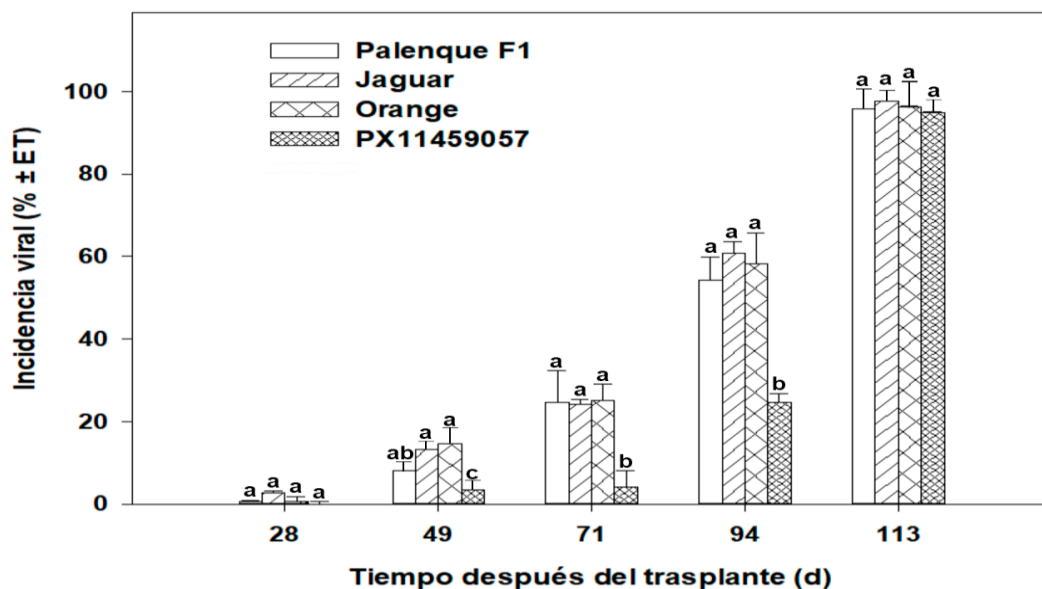


Figura 2. Incidencia de síntomas virales en plantas de chile habanero en diferentes fechas del desarrollo del cultivo. Nota. ET=Error típico, d= días.

Los resultados muestran un patrón ascendente del porcentaje de incidencia conforme avanzó el ciclo fenológico de los cultivares para los cuatro cultivares. Este patrón coincide con lo descrito por Mejía-Teniente *et al.* (2015), quienes reportaron incrementos sostenidos de plantas enfermas con síntomas virales de *Begomovirus capsicummusivi*-PepGMV y de *Begomovirus capsicumhuastecoense*-PHYVV en chile habanero, bajo condiciones de campo en Yucatán. En esta investigación, no se hizo el manejo de moscas blancas, que pudo favorecer la alta dispersión viral (Brown *et al.*, 2005; Villa-Castorena *et al.*, 2014).

Rendimiento de frutos. La Figura 3 ilustra las medias de producción por corte (Kg de frutos planta⁻¹) de los cultivares Palenque F1, Jaguar, Orange y PX-11459057. El análisis de varianza del promedio de la producción acumulada de seis cortes de chile por planta, mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el rendimiento de frutos (Cuadro 2). Los cultivares Jaguar y Orange mostraron presencia viral desde muy temprana edad, manifestando daños sobre la constitución de las plantas y la producción. Palenque F1 y PX-11459057 presentaron síntomas más tardíos y con menor impacto en la producción (Cuadro 2). La producción promedio de frutos fue de 0.23 y 0.10 kg por planta para los cultivares Jaguar y Orange, respectivamente. En el cultivar Palenque F1 se tuvo un rendimiento de 0.93 kg por planta y el valor más alto para el cultivar PX-11459057 con 1.41 kg por planta. PX-11459057 mostró una menor incidencia de plantas con síntomas virales en etapas

tempranas, lo que se expresó en mayor rendimiento acumulado (18.92 t ha⁻¹), muy por encima de los rendimientos de los cultivares Jaguar y Orange.

Cuadro 2. Producción promedio de frutos de chile habanero por planta y rendimiento potencial por hectárea.

Cultivar	Producción promedio (kg por planta)	Rendimiento estimado (t ha ⁻¹)
Palenque F1	0.93 b	12.51 b
Jaguar	0.23 a	3.09 a
Orange	0.10 a	1.38 a
PX-11459057	1.41 c	18.92 c

Calidad de frutos. Se observaron diferencias significativas en el diámetro de los frutos entre cultivares ($p < 0.05$), pero no en longitud ($p > 0.05$). De acuerdo a la escala de descripción de variedades de chile habanero de SAGARPA, SNICS (2014) todos los frutos se clasificaron como pequeños (Cuadro 3). En todos los cultivares, el tamaño de los frutos fue menor al potencial genético reportado, lo cual se puede atribuir a la asociación de síntomas virales de *Begomovirus capsicummusive* que impactó el tamaño y coloración del fruto. El daño por virus también podría ser el responsable de la reducción del color verde intenso típico en algunos de los cultivares, como Palenque F1.

Cuadro 3. Diámetro y longitud promedio de frutos de chile habanero cosechados en plantas asociadas con *Begomovirus capsicummusive*.

Cultivar	Diámetro (cm)	Escala diámetro fruto (SAGARPA, SNICS, 2014)	Longitud (cm)	Escala longitud fruto (SAGARPA, SNICS, 2014)
Palenque F1	2.87 b	Pequeño	4.1 a	Corto
Jaguar	2.81 b	Pequeño	3.6 a	Corto
Orange	2.45 a	Pequeño	3.8 a	Corto
PX-11459057	2.98 b	Pequeño	4.1 a	Corto

Todos los cultivares mostraron dimensiones y peso por debajo de los valores potenciales reportados para los cultivares Palenque F1, Jaguar, Orange y PX-11459057 (Ramírez-Meraz *et al.*, 2018; López-López *et al.*, 2018; Agromora, 2021; Bayer, 2024). Este tipo de afectaciones morfológicas ha sido señalado para *Geminivirus* en *Capsicum* spp., donde se ha demostrado que las proteínas virales interfieren con la señalización hormonal de auxinas y giberelinas, afectando la arquitectura de la planta y desarrollo del fruto (Ascencio-Ibáñez *et al.*, 2008). Desde el punto de vista agronómico, la reducción en el rendimiento y tamaño de los frutos puede ser atribuible a la asociación del *Begomovirus capsicummusive* lo que compromete la rentabilidad del cultivo, comparado con los máximos rendimientos reportados por Ramírez-Meraz *et al.* (2018), bajo manejo intensivo, produciendo más de 30 t ha⁻¹ para Jaguar y hasta 32.5 t ha⁻¹ y en otros híbridos de acuerdo con Ramírez y Méndez-Aguilar (2020). Estos resultados refuerzan la necesidad de realizar un diagnóstico preciso sobre los virus presentes en Tabasco, que permitan proponer un manejo integrado con cultivares con tolerancia genética, protección de plántulas en etapa temprana y manejo efectivo del vector (Lapidot y Friedmann, 2002; Velásquez-Valle *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

Se confirmó la asociación de *Begomovirus capsicummusive* (PepGMV) en tres de los cuatro cultivares evaluados (Palenque F1, Jaguar y PX11459057) mediante pruebas de PCR. La incidencia de plantas con síntomas virales (superior al 95 %) se podría asociar con el bajo rendimiento (0.1 a 1.4 kg ha⁻¹) y tamaño pequeño de frutos de chile habanero en Tabasco. El cultivar PX-11459057 registró una incidencia tardía a los 94 ddt (25 %), lo que favoreció en el mayor rendimiento del cultivo (1.41 kg ha⁻¹).

Limitaciones

El presente estudio presenta algunas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, no se aplicaron insecticidas durante el ciclo del cultivo, con el objetivo de no interferir con la acción de los insectos vectores como *Bemisia tabaci*, favoreciendo así una infección viral de manera natural. Asimismo, no se analizaron los efectos fisiológicos internos de la infección viral sobre parámetros bioquímicos o de expresión génica, lo cual representa una oportunidad relevante para futuras investigaciones. Igualmente, como después de dos muestreos no se tenía detectado algún virus con las pruebas inmunológicas, se decidió hacer las pruebas por PCR de *Begomovirus*.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), mediante apoyo institucional otorgado al primer autor como estudiante de maestría del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.

Agradecimientos

Se agradece al Colegio de Postgraduados Campus Tabasco por las facilidades brindadas para el desarrollo del presente estudio, y a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por la beca otorgada al primer autor.

REFERENCIAS

- Agdia EMEA. 2024. ImmunoStrips para la detección rápida de patógenos. <https://www.agdia-emea.com/es/immunostrip>. (Consulta: septiembre 2025).
- Agromora. 2021. Catálogo InterSeeds. p 13. <https://agromora.com.mx/wp-content/uploads/2021/05/catalogo-interseeds-2021.pdf>
- Aguirre-Hernández E y Muñoz-Ocotero V. 2015. El chile habanero (p 49-62). Agenda Técnica Agrícola de Campeche. Segunda edición. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D.F. 190 p. https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/_agendas/3084_4789_Agenda_Tecnol%C3%B3gica_Campeche_2015.pdf
- Anaya-López JL, Godínez-Hernández Y, Muñoz-Sánchez CI, Guevara-Olvera L, Guevara-González RG, *et al.* 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 IX (02):225-229. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2001.08.047>
- Argüello AGR, Guevara GRG, Herrera ELR and Rivera BRF. 1994. Geminivirus replication origins have a group-specific organization of iterative elements: a model for replication. Virology 203(1):90-100. <https://doi.org/10.1006/viro.1994.1458>
- Ascencio-Ibáñez JT, Sozzani R, Lee TJ, Chu TM, Wolfinger RD, *et al.* 2008. Global Analysis of *Arabidopsis* gene expression uncovers a complex array of changes impacting pathogen response and cell cycle during Geminivirus infection. Plant

- Physiology 148(1):436-454. <https://doi.org/10.1104/pp.108.121038> Bayer. (2024). PX-11459057. Recuperado en abril 2025 de: https://www.vegetables.bayer.com/mx/es-mx/productos/chile-pimiento/details.html/pepper_px-11459057_mexico_seminis_all_grehighomopeproasma_all.html
- Brown JK, Idris AM, Ostrow KM, Goldberg N, French R, *et al.* 2005. Genetic and phenotypic variation of the *Pepper golden mosaic virus* complex. *Phytopathology* 95(10): 1217-1224. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-95-1217>
- Chew-Medinaveitia I, Zavaleta-Mejía E, Delgadillo-Sánchez F, Valdivia-Alcalá R, Peña-Martínez R, *et al.* 1995. Evaluación de algunas estrategias de control de la virosis en el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.). *Fitopatología* 30(2):74-84. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/295073191>
- Fauquet CM, Briddon RW, Brown JK, Moriones E, Stanley J, *et al.* 2008. Geminivirus strain demarcation and nomenclature. *Archives of Virology* 153(4):783-821 <https://doi.org/10.1007/s00705-008-0037-6>
- Gafni Y and Epel BL. 2002. The role of host and viral proteins in intraand inter-cellular trafficking of geminiviruses. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 60(5):231-241. <https://doi.org/10.1006/pmpp.2002.0402>
- González-Garza R. 2017. Evolución de técnicas de diagnóstico de virus fitopatógenos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 35(3):591-610. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1706-1>
- Gutiérrez C, Ramírez PE, Mar CM, Sanz BAP, Luque A, *et al.* 2004. Geminivirus DNA replication and cell cycle interactions. *Veterinary Microbiology* 98(2):111-119. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2003.10.012>
- Gracia-Medrano RME, Maldonado-Borges JI, Sánchez-Cach LA, Minero-García Y, Hernández-Zepeda, *et al.* 2022. Preliminary identification and phylogenetic relationships of Begomoviruses associated with *Capsicum* spp. in the Yucatan peninsula, Mexico. *Mexican Journal of Phytopathology* 40(3):1-24. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2206-6>
- King AMQ, Adams MJ, Carstens EB, Lefkowitz EJ. 2012. *In: Virus taxonomy: Ninth Report of the International Committee on the Taxonomy of Viruses*, King, A.M.Q.; Adams, M.J.; Carstens, E.B.; Lefkowitz, E.J (eds.) Elsevier Academic Press, Amsterdam, The Netherlands. 23 pp. http://www.trevorwilliams.info/ictv_iridoviridae_2012.pdf
- Lapidot M and Friedmann M. 2002. Breeding for resistance to whitefly-transmitted geminiviruses. *Annals of Applied Biology* 140(2): 109–127. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2002.tb00163.x>
- Lidman RH. 1974. *Analysis of Variance in Complex Experimental Designs* W H Freeman (Ed.). ISBN:0716707748, 9780716707745. 352 pp.
- López-López R, Inzunza-Ibarra MA, Fierro-Álvarez A, Palma-López DJ. 2018. Fechas de trasplante y productividad del chile habanero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(1):51-64. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.847>
- Lozano-Durán R, Rosas-Díaz T, Gusmaroli G, Luna AP, Taconnat L, *et al.* 2011. Geminiviruses Subvert Ubiquitination by Altering CSN-Mediated Derubylation of SCF E3 Ligase Complexes and Inhibit Jasmonate Signaling in Arabidopsis thaliana. *The Plant Cell* 23(3):1014-1032. <https://doi.org/10.1105/tpc.110.080267>
- Mejía-Teniente L, Joaquín-Ramos A de J, Torres-Pacheco I, Rivera-Bustamante RF, Guevara-Olvera L, *et al.* 2015. Silencing of a germin-like protein gene (CchGLP) in geminivirus-resistant pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) BG-3821 increases susceptibility to single and mixed infections by geminiviruses PHYVV and PepGMV. *Viruses* 7(12):6141-6151. <https://doi.org/10.3390/v7122930>
- Miller M. 2024. Chemists develop easy test for tobacco virus. University of Cincinnati News. Plant viruses cost US agriculture billions each year. <https://www.uc.edu/news/articles/2024/06/uc-chemists-develop-easy-test-for-tobacco-virus.html>
- Morales AS, Vásquez RC, Vargas NB, Jiménez EH, Hammond RW, *et al.* 2017. Detección de crinivirus y Begomovirus en plántulas de tomate y arvenses asociadas a semilleros. *Agronomía Mesoamericana* 28(2):477-488. <http://dx.doi.org/10.15517/ma.v28i2.25860>.
- Palma-López DJ, Cisneros DJ, Moreno CE, Rincón-Ramírez JA. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. 1ª Edición. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México, 195 pp. ISBN: 968-839-552-8. https://www.researchgate.net/profile/David-Palma-7/publication/293958380_Suelos_de_Tabasco_Su_Uso_y_Manejo_Sustentable/links/56bcfac008ae6cc737c6bdb3/Suelos-de-Tabasco-Su-Uso-y-Manejo-Sustentable.pdf
- Polhemus NW. 1980. Statgraphics [Software de análisis estadístico]. Princeton University, School of Engineering and Applied Science.
- Ramírez-Meraz M, Arcos-Cavazos G, Méndez-Aguilar R. 2018. Jaguar: Cultivar de chile habanero para México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(2):487-492. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1089>
- Ramírez MM y Méndez-Aguilar R. 2020. Potencial de producción de genotipos de chile habanero en agricultura protegida. *Transversalidad Científica y Tecnológica* 4(2):61-67. https://www.researchgate.net/profile/Anuar-Gauna-Horta/publication/347437449_publicada_por_la_academia_tamaulipeca_de_investigacion_cientifica_y_tecnologica_consejo_editorial_comite_revisor/links/5fdb6d3545851553a0c47be4/publicada-por-la-academia-tamaulipeca-de-investigacion-cientifica-y-tecnologica-consejo-editorial-comite-revisor.pdf#page=67.

- SAGARPA, SNICS. 2014. Guía técnica para la descripción varietal de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). SAGARPA–SNICS. Recuperado el 21 abril 2025 de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120827/Chile_habanero.pdf
- Sánchez MA, Villegas-Estrada B, Valencia-Jiménez A. 2021. Evaluación de métodos para la inoculación y diagnóstico del virus del mosaico del pepino (CMV). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 19(1):92-104. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(19\)92-104](https://doi.org/10.18684/BSAA(19)92-104)
- SIAP. 2023. Agricultura regenerativa, la vía para un futuro sustentable. Panorama Agroalimentario. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural –Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap/prensa/panorama-agroalimentario-2023-351695?idiom=es>.
- Velásquez-Valle R, Reveles-Torres LR, Mauricio-Castillo JA, Mena-Covarrubias J, Amador-Ramírez MD, *et al.* 2014. Virus y fitoplasmas de chile: una perspectiva regional (Libro técnico No. 10). Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. 279 pp. <http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/viFitoChileRegional.pdf>
- Villa-Castorena M, Catalán-Valencia EA, Inzunza-Ibarra MA, Román-López A, Macías-Rodríguez H, *et al.* 2014. Producción hidropónica de chile habanero en invernadero (Folleto Técnico Núm. 34). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera. ISBN: 978-607-37-0298-0.
- Wyatt SD and Brown JK. 1996. Detection of subgroup III geminivirus isolates in leaf extracts by degenerate primers and polymerase chain reaction. *Phytopathology* 86(12): 1288–1293. <https://doi.org/10.1094/Phyto-86-1288>