



Artículo de Revisión

Arvenses y ruderales como potenciales fuentes de inóculo de enfermedades en hortalizas en el norte de Sinaloa

Rubén Félix-Gastélum*, ¹Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis, Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Boulevard Macario Gaxiola y Carretera Internacional s/n, CP 81223. Los Mochis, Sinaloa; **Gabriel Herrera-Rodríguez**, Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte. Lázaro Cárdenas, PTE. 315, Colonia Centro, Los Mochis Sinaloa, CP. 81200, México; ¹**Karla Yeriana Leyva-Madriral**, ¹**Guadalupe Arlene Mora-Romero**.

*Autor de
correspondencia:

Rubén Félix-Gastélum
ruben.felix@uadeo.mx

Sección:
Número Especial

Recibido: 31 Julio, 2023

Aceptado:
15 Diciembre, 2023

Publicado:
28 Diciembre, 2023

Cita:

Félix-Gastélum R,
Herrera-Rodríguez G,
Leyva-Madriral KY y
Mora-Romero GA. 2023.
Arvenses y ruderales como
potenciales fuentes de
inóculo de enfermedades
en hortalizas en el norte de
Sinaloa. Revista Mexicana
de Fitopatología
41(4): 5.
DOI: <https://doi.org/10.18781/R.MEX.org/10.18781/R.MEX.FIT.2023-4>

RESUMEN

Se abordan especies de arvenses y ruderales de las familias *Cucurbitaceae*, *Solanaceae* en el norte de Sinaloa, como potenciales fuentes de inóculo para el desarrollo del *Tomato apex necrosis virus* (ToANV), *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV), *Watermelon mosaic virus* (WMV), (*Papaya ring spot virus* (PRSV-W) y (*Cucumber mosaic virus* (CMV). Se hace referencia al girasol silvestre como potencial fuente de inóculo para la cenicilla (*Golovinomyces spadicus*); se incluyen también el tabaquillo para el tizón foliar (*Alternaria* spp.), el chichiquelite para la mancha de la hoja (*Curvularia moehlemvekiae*), el zacate Johnson para el tizón foliar (*Alternaria* sp.), la higuierilla silvestre para el tizón foliar y el meloncillo silvestre para el mildiú (*Pseudoperonospora cubensis*). Se proponen líneas futuras de investigación multidisciplinarias enfocadas a la determinación de la patogenicidad en plantas cultivadas de virus y hongos asociados a plantas silvestres y viceversa. También se deberá estudiar la distribución espacio-temporal de plantas silvestres que pueden fungir como fuentes de inóculo, así como la de potenciales insectos vectores de enfermedades virales. La implementación de herramientas moleculares modernas, como la Secuenciación de Alto Rendimiento, para la detección de fitopatógenos es importante. Todo esto contribuirá a la aplicación de estrategias amigables con el ambiente para el control de las enfermedades en cultivos agrícolas en Sinaloa, en beneficio de los productores de hortalizas.

Palabras clave: inóculo, vectores, manejo de enfermedades.



INTRODUCCIÓN

En Sinaloa se siembra una amplia gama de hortalizas donde sobresalen las solanáceas y las cucurbitáceas. En el primer grupo se ubican la papa (*Solanum tuberosum*), jitomate (*Solanum lycopersicum*), chile (*Capsicum annum*) y tomatillo (*Physalis philadelphica*), los cuales en el ciclo otoño invierno 2022 cubrieron una superficie de 11,975.1, 11,541.2, 15,172.4 y 7,317.9 ha, respectivamente; mientras que las cucurbitáceas están representadas por diversos tipos de calabazas y pepino que ocupan una superficie de 2,686.2 y 3,874.9 ha, durante el mismo año. El valor anual de la producción de las solanáceas alcanzó 13,618,770,410 de pesos en tanto que las cucurbitáceas los 2,511,114,370 pesos (SIAP, 2022).

Desde un punto de vista agronómico, las arvenses se consideran como una amenaza significativa en la producción agrícola, pues compiten por nutrientes, espacio, agua y luz con las plantas cultivadas (Zimdahl, 1980; Dille *et al.*, 2016). En cambio, aun cuando las ruderales no compiten con el desarrollo de los cultivos, éstas en ocasiones se convierten en indeseables pues crecen a la vera de los caminos y lotes baldíos en poblados y ciudades; también crecen al costado de vías férreas, así como en los taludes de drenes y canales limitando el flujo del agua cuando ocurren lluvias torrenciales provocando azolves que conducen a inundaciones. Adicionalmente, ambos tipos de plantas pueden constituir fuentes de inóculo para el desarrollo de enfermedades en cultivos de importancia económica. Estos tipos de plantas pueden fungir como hospedantes para fitopatógenos e insectos vectores que transmiten enfermedades de éstas a cultivos económicamente importantes. Los síntomas causados por diversas enfermedades son más evidentes en las plantas cultivadas que en las silvestres, lo cual se debe a varios factores: a) La mayor diversidad genética en las plantas silvestres que en las plantas cultivadas, b) heterogeneidad de las poblaciones de silvestres y limitado contacto entre plantas de la misma especie, c) a la selección natural a través del tiempo, lo que conduce a la obtención de resistencia o tolerancia de una especie a un determinado patógeno y d) a la eliminación natural de las plantas silvestres susceptibles a patógenos altamente virulentos (Wisler y Norris, 2000). Son numerosos los registros de casos en los que las plantas silvestres se involucran como fuentes de inóculo de enfermedades causadas por virus (Duffus, 1971; Yazdkhastia *et al.*, 2021; Korbecka-Glinka, 2021) y hongos (SAGARPA-SENASICA, 2016; Gerling *et al.*, 2022).

En la presente revisión se abordan enfermedades de origen viral y fungoso que se han detectado en arvenses y ruderales y que presentan potencial para transmitirse a cultivos hortícolas en el norte de Sinaloa.

Enfermedades virales. En la complejidad de la epidemiología de agentes virales, las plantas silvestres y plantas cultivadas como fuentes de inóculo para el desarrollo

de enfermedades (Cuadro 1), así como las poblaciones de insectos y su motilidad, son elementos importantes para la incidencia de este tipo de enfermedades. Las arvenses y ruderales pueden ser infectadas por virus introducidos a un área de plantas cultivadas y después funcionan como fuente de inóculo permanente para otras plantas cultivadas (Broadbent, 1964). Aun cuando este aspecto permanece inexplorado en Sinaloa, no se descarta la posibilidad de que muchos de los virus que actualmente causan enfermedades en hortalizas hayan ingresado a través de semilla u otras formas de diseminación y que, a partir de plantas cultivadas, los virus se transmitieron a plantas silvestres, donde los insectos vectores ejercen un papel fundamental en el desarrollo de epidemias.

Fuentes potenciales de enfermedades virales en jitomate para industria. Las enfermedades virales del jitomate para la industria limitaron la producción en una forma significativa en el norte de Sinaloa en los años 90s. Estudios donde se aplica-

Cuadro 1. Virus causantes de enfermedades en cucurbitáceas y en jitomate presentes en Sinaloa y otras regiones del mundo.

Virus	Género	Vector	Tipo de transmisión	Presente en Sinaloa	Referencias
Watermelon mosaic virus (WMV)	Potyvirus	<i>Aphis gossypi</i> , <i>Aphis craccivora</i>	No persistente	Si	Zitter <i>et al.</i> , 1996
Papaya ringspot virus (PRSV)	Potyvirus	<i>Mysus persicae</i> , <i>macrosifum euphorbiae</i>	No persistente	Si	Zitter <i>et al.</i> , 1996
Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV)	Potyvirus	<i>Aphis gossypi</i> , <i>Aphis craccivora</i>	No persistente	Si	Zitter <i>et al.</i> , 1996
Cucumber mosaic virus (CMV)	Cucumovirus	<i>Mysus persicae</i> , <i>macrosifum euphorbiae</i>	No persistente	Si	Zitter <i>et al.</i> , 1996
Squash mosaic virus (SqMV)	Comovirus	<i>Acalyma</i> , <i>Erivittata</i> , <i>Diabrotica</i> , <i>Undecimpunctata</i> , <i>Henosepilachna</i> , <i>Vigintioctopunctata</i> .	Se transmite hasta por 20 días después de su adquisición por el insecto.	No	Tolín <i>et al.</i> , 2016
Tomato severe rugose virus (ToSRV)	Begomovirus	<i>Bemisia tabaci</i>	Circulativo	No	Zitter <i>et al.</i> , 1996.
Chino del tomate virus (CdTV)	Begomovirus	<i>Bemisia tabaci</i>	Circulativo	Si	Brown, 1988
Sinaloa tomato leaf curl virus (ToMoV)	Begomovirus	<i>Bemisia tabaci</i>	Circulativo	Si	Idris y Brown, 1998
Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)	Begomovirus	<i>Bemisia tabaci</i>	Circulativo	Si	Ascencio-Ibañez <i>et al.</i> , 1999.
Tomato marchitez virus (ToMarV)	Torradovirus	<i>Bemisia tabaci</i>	Semi-persistente	Si	Turina <i>et al.</i> , 2007.
Tomato chlorosis virus (ToCV)	Crinivirus	<i>Trialeurodes abutilonea</i> / <i>Bemisia tabaci</i> /T. <i>vaporariorum</i>	Semi-persistente	Si	Alvarez-Ruiz <i>et al.</i> , 2007.

ron herramientas de geoestadística indicaron una alta correlación entre la presencia de arvenses y ruderales de las familias Malvaceae, Sterculiaceae, Euphorbiaceae, Nyctaginaceae y Leguminaceae, con síntomas inducidos por geminivirus. En cambio, especies de la familia Solanaceae presentaron incidencia de *Tobacco etch virus* (TEV), *Pepper mottle virus* (PepMoV), *Cucumber mosaic virus* (CMV) y *Tomato spotted wilt virus* (TSWV). La presencia de plantas sintomáticas y las poblaciones de mosca blanca, áfidos y trips estuvo altamente correlacionado con la incidencia de dichos virus en tomate para industria. Además, estudios de Sistemas de Información Geográfica (GeoEAS; USEPA-LV.EAD, Las Vegas, NV) para análisis de variables de riesgo (Myers, 1991), así como la aplicación el bloqueo de 5x5 km mediante el sistema Kriging para la estimación de riesgo (Isaaks, 1989; Myers, 1991) permitieron detectar sectores del norte de Sinaloa con incidencia de 0 al 2 % y otros con incidencia de 25 al 100 % de enfermedades virales en jitomate. Con base en esta información se diseñó y validó un sistema de manejo de enfermedades virales en el cultivo, el cual consistió en la selección de los distritos de riego con un menor riesgo de incidencia de este tipo de enfermedades, donde se consideraron además la etapa de siembra, eliminación de arvenses y ruderales en un área de 100 m contiguos a los límites de los lotes de siembra, en aquellos distritos que presentaban un alto grado de riesgo de incidencia de estas enfermedades (Nelson *et al.*, 1994). En la época de este estudio se sembraban 7,000 ha de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el norte de Sinaloa, mismas que presentaban altas poblaciones de arvenses infectadas con *Tobacco etch virus* (TEV), *cucumber mosaic virus* (CMV) transmitidos por áfidos, complejo de *geminivirus*, transmitidos por mosca blanca, *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), transmitido por trips, y el *Tomato mosaic virus* (TMV) con vector desconocido, a la vez las arvenses eran colonizadas por los insectos vectores antes señalados que los transmitían a plantaciones de jitomate para la industria. Actualmente, no se siembra caña de azúcar en la región y sin duda el nivel de riesgo de incidencia de enfermedades virales ha disminuido; sin embargo, en años recientes han surgido el *Tomato apex necrosis virus* (ToANV) (Barajas-Ortiz, 2013), *Zucchini yellow mosaic virus* (Félix-Gastelum *et al.*, 2007), lo que justifica estudios a nivel regional como el realizado en los 90s, y la subsecuente implementación de este sistema para el manejo de las enfermedades virales en hortalizas.

El *Tomato apex necrosis virus* en tomate y tomatillo. En los 10 años recientes se han realizado estudios sobre detección de *Tomato apex necrosis virus* (ToANV). La enfermedad causó pérdidas en trasplantes de 100 % en jitomate y tomatillo en el Valle del Fuerte y del Carrizo en superficies de 400 y 300 ha de ambos cultivos en los ciclos 2011-2012 y 2012-2013. Los daños se observaron principalmente en trasplantes de híbridos susceptibles establecidos en septiembre. Aun cuando las pobla-

ciones de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) fueron bajas, las poblaciones de plantas silvestres con síntomas virales eran altas, debido a las lluvias del verano; esto indica una alta eficiencia de la mosca blanca como vector. Los síntomas en jitomate son necrosis de los brotes jóvenes de las plantas y frutos (Figura 1 A y B). En tomatillo inicialmente se presenta mosaico en hojas y en estado avanzado de la enfermedad

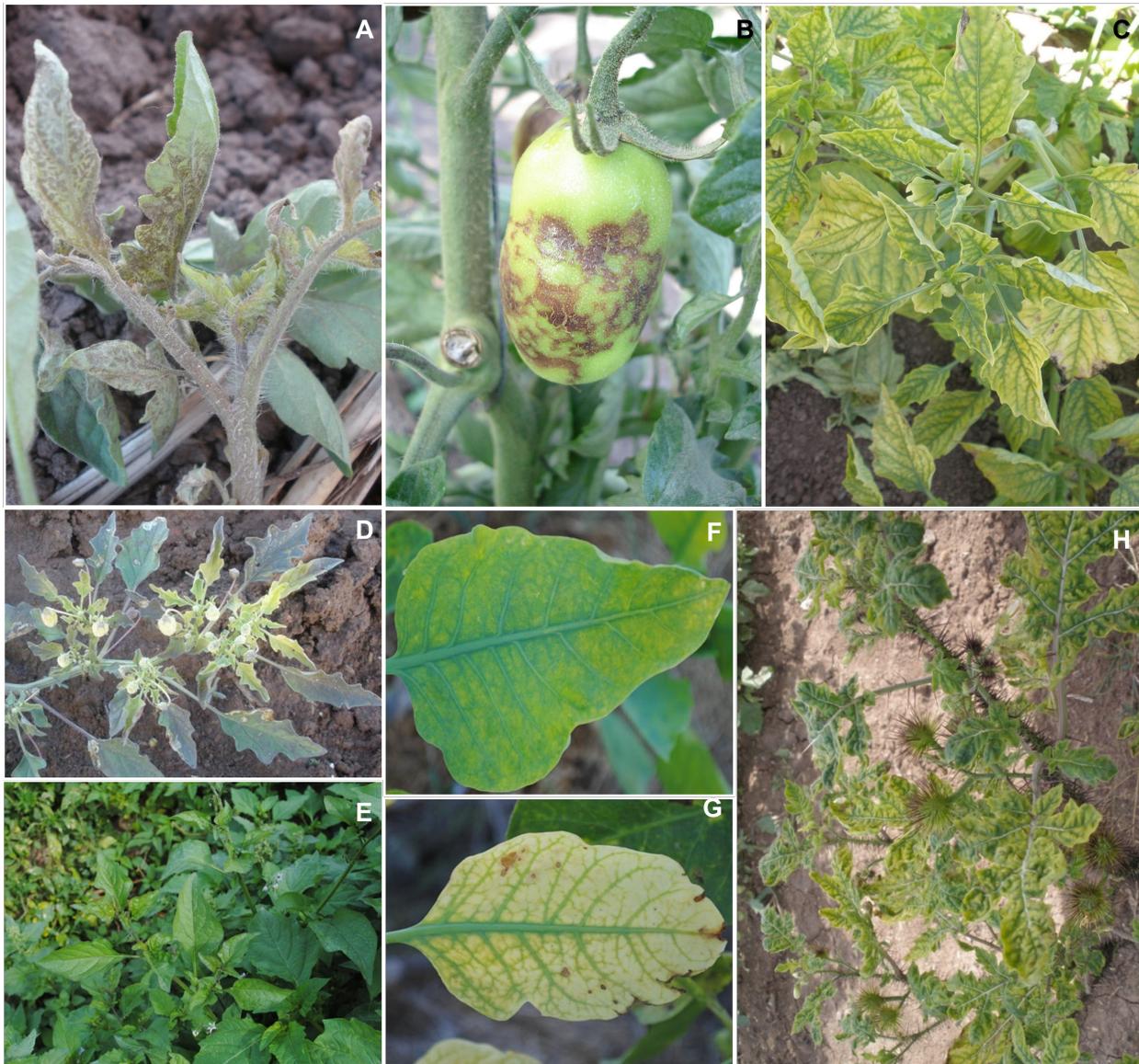


Figura 1. Síntomas inducidos por *Tomato apex necrosis virus* (ToANV). A) Necrosis de rama joven en jitomate; B) Necrosis en frutos de jitomate; C) clorosis intervenal en planta de tomatillo; D) Amarillamiento en brotes jóvenes de tomatillo silvestre (*Physallis* sp.); E) Amarillamiento leve y deformación de síntomas iniciales en chichiquelite (*Solanum nigrum*); F) Síntomas iniciales de clorosis intervenal; G) Clorosis intensa y enverdecimiento de nervaduras en hojas de tabacón (*Nicotiana glauca*); H) Amarillamiento general en mala mujer (*Solanum asureum*).

ocurre un amarillamiento total de las mismas (Figura 1C) y de la planta en general (Figura 1), con efectos en vigor y limitación en la producción y calidad de esta hortaliza, al grado de que los productores destruyen el cultivo para la siembra de maíz (*Zea mays*) o sorgo (*Sorghum bicolor*) (Espinoza-Castillo, 2013).

El ToANV se ha detectado en arvenses y ruderales de la familia Solanaceae mediante pruebas serológicas y RT-PCR; como el tomatillo silvestre (*Physalis* sp.) (Figura 1D), chichiquelite (*Solanum nigrum*) (Figura 1E), toloache (*Datura* sp.), tabacón (*Nicotiana glauca*) (Figuras 1F y G) y mala mujer (*Solanum asureum*) (Figura 1H). Pruebas adicionales indicaron que la mosca blanca transmite el virus a tomatillo y jitomate a partir de plantas silvestres (previamente mencionadas) (Espinoza-Castillo, 2013). Estos hallazgos coinciden con resultados previos que indican que el virus se trasmite por mosca blanca (Barajas-Ortiz, 2013). Estas fuentes potenciales de inóculo están ampliamente distribuidas en el norte de Sinaloa y con frecuencia presentan síntomas de origen viral, lo cual coincide con altas poblaciones del vector y el ciclo de siembra de tomatillo y jitomate. El manejo de la enfermedad se ha direccionado hacia la utilización de variedades de jitomate tolerantes al virus y manejo de mosca blanca mediante el uso de insecticidas sistémicos en riegos presurizados y eliminación de plantas silvestres como potenciales fuentes de inóculo, lo cual da seguimiento puntual la Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte.

Cucurbitáceas silvestres como fuentes de inóculo para enfermedades virales en calabaza zucchini. Estudios preliminares en el Valle del Fuerte indican que en calabaza zucchini ocurren infecciones por el *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) (Figura 2A y B), *Watermelon mosaic virus* (WMV), *Papaya ring spot virus* (PRSV-W) y *Cucumber mosaic virus* (CMV), en forma individual y en coinfecciones en lotes comerciales de este cultivo; a su vez, las plantas silvestres de tabaco (*Nicotiana glauca*), melón silvestre (*Cucumis melo* var. *Dudaim*), pepino amargo (*Momordica charantia*) y pepino espinoso (*Cucumis dipsaceus*) presentaron los mismos virus (Félix-Gastelum *et al.*, 2007). La detección de estos virus en las arvenses y las ruderales indican que éstas pueden actuar como fuentes de inóculo para el desarrollo de virosis en otras cucurbitáceas cultivadas en la región, lo que debe demostrarse a través de pruebas de inoculación en condiciones de invernadero mediante especies de insectos consignados como vectores de este tipo de virus. Estudios en México indican que *N. glauca* es reservorio del CMV, lo cual coincide con estudios en Grecia donde la misma ruderal es fuente de inóculo para el mismo virus (Volvas y Di Franco, 2004).

Enfermedades foliares de origen fungoso. Las enfermedades fúngicas en arvenses y ruderales, han recibido menor atención que en las plantas cultivadas, pues en

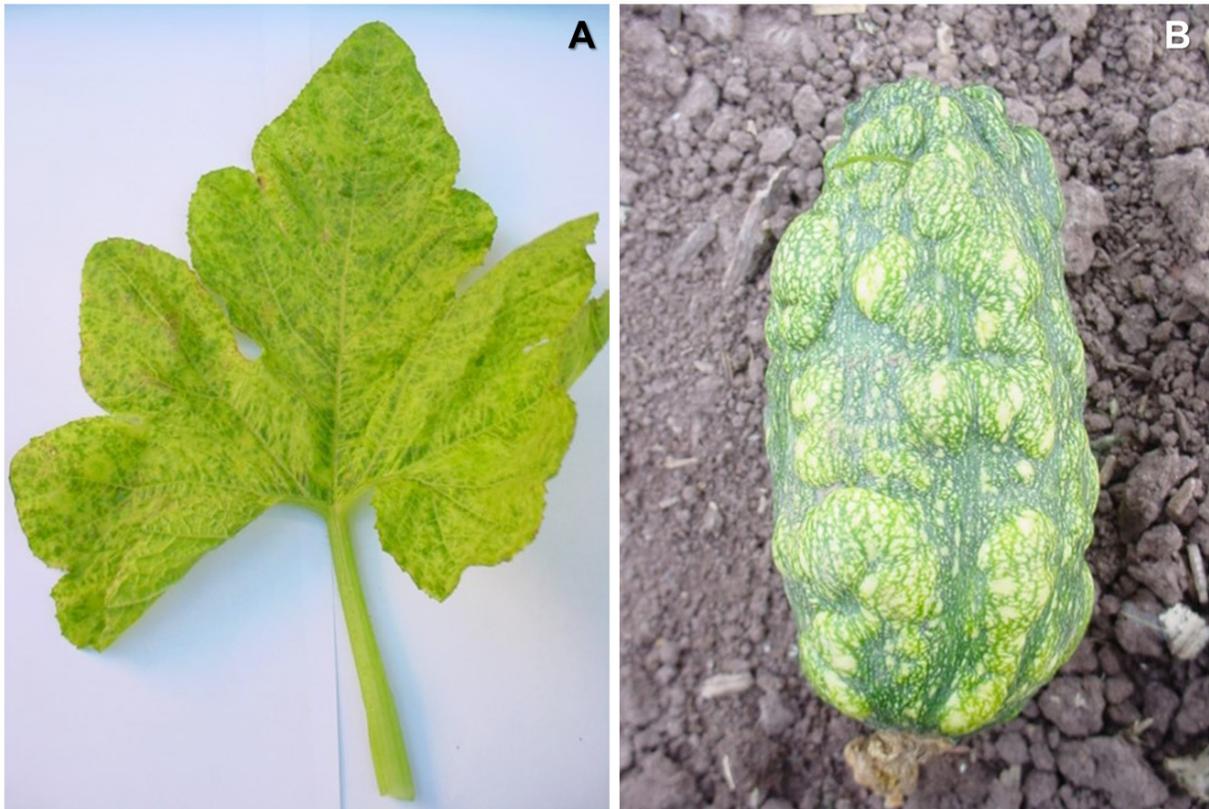


Figura 2. Síntomas inducidos por el virus *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV). A) Amarillamiento en hoja de calabaza Zucchini grey; B) Síntomas de deformación de fruto del mismo hospedante causado por el mismo virus.

éstas causan pérdidas económicas, mientras que en las plantas silvestres con frecuencia pasan desapercibidas en ambientes naturales. Algunas plantas fungen como hospedantes alternos, lo cual es esencial en el ciclo de vida de las enfermedades. En este sentido resalta la roya de trigo causada por *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* donde al hospedante alternativo (*Berberis vulgaris*) lo infectan las basidiosporas y ocurre intercambio genético, para formar aecias y aeciósporas que infectan nuevamente al trigo. Esto permite que el ciclo biológico se repita (Leonard y Szabo, 2005). También se sabe que en Alemania, en los márgenes de los hundimientos del suelo (“kettle holes” en inglés) crecen diferentes especies de Poaceas y plantas herbáceas que son infectadas hasta por 12 especies de *Fusarium* durante el otoño-invierno, los cuales presentan potencial para causar enfermedades en cultivos agrícolas (Gerling *et al.*, 2022); así mismo, *Phomopsis* sp., *Phomopsis longicolla* y *Diaporthe phaseolorum*, aislados de las arvenses *Eclipta prostrata*, *Ipomea lacunosa* y *Desmenthus illinoensis* causaron enfermedad en hipocótilos, vainas y semillas de soya (*Glycine max*) (Mengistu *et al.*, 2007). A continuación, se describen arvenses y ruderales

como potenciales fuentes de inóculo para el desarrollo de enfermedades de foliares fungosas en Sinaloa.

La cenicilla (*Golovinomyces spadicus*) del girasol silvestre (*Helianthus annuus*). Estudios sobre la cenicilla del girasol silvestre (Figura 3D) indicaron que *G. spadicus* es agente causal de la enfermedad en Sinaloa y éste causó la enfermedad en girasol comercial en inoculaciones artificiales (Félix-Gastélum *et al.*, 2019). Este estudio reviste importancia, el girasol silvestre puede fungir como fuente de inóculo para el desarrollo de la enfermedad en girasol cultivado. Es importante recalcar que el girasol silvestre crece como arvense compitiendo con el maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y otros cultivos, además de crecer como ruderal en los linderos de caminos, así como en bordos y taludes de drenes y canales durante el invierno e inicios de primavera, coincidiendo con las siembras de girasol comercial en la región.

El tizón foliar (*Alternaria* spp.) del tabaco silvestre (*Nicotiana glauca*). El tabaco silvestre es una solanácea perene que crece al costado de los caminos, los bordos y taludes de canales de riego y drenes, así como en terrenos agrícolas baldíos. Esta ruderal muestra lesiones irregulares de color café claro a oscuro en forma irregular en las hojas (Figura 3B), durante el ciclo otoño-invierno. La severidad de la enfermedad se acentúa cuando los periodos diarios de follaje mojado varían de 15 a 18 h y la temperatura oscilan entre 14 y 28 °C; bajo estas condiciones ocurre defoliación del tercio basal de las plantas. Estudios preliminares demostraron que una especie no identificada de *Alternaria* (Simmons, 2007) es el agente causal de la enfermedad (Apodaca-Orduño, 2016). En inoculaciones artificiales el hongo resultó patogénico en jitomate, causando lesiones café claro a oscuro con anillos concéntricos (Figura 3C), similares a los del tizón temprano causado por *A. solani* (Sánchez-Castro, 1998) y *A. tomatophila* (Jones *et al.*, 2017). Estos resultados demuestran que el tabaco silvestre es fuente potencial de inóculo para el desarrollo del tizón temprano en tomate por una nueva especie de *Alternaria* en México y en otras partes del mundo.

El tizón foliar del tabaquillo (*Nicotiana trigonophylla*) y chichiquelite (*Solanum nigrum*). El tabaquillo y el chichiquelite son plantas anuales que crecen durante el otoño e invierno y ocurren principalmente como arvenses y raras veces como ruderales. En años recientes, en estas plantas se observaron lesiones irregulares color café claro a oscuro de 3.0 a 5.0 mm. Con el progreso de la enfermedad, las lesiones adquieren una forma irregular y pueden cubrir hasta el 50 % de la lámina foliar infectadas. Cuando las lesiones coalescen y cubren hasta una tercera parte de la lámina foliar, se origina defoliación, principalmente en las hojas basales de las



Figura 3. Diferentes síntomas asociados a hongos en plantas silvestres. A) Lesiones de color café claro a oscuro y atizonamiento de la vaina de la hoja en plantas de zacate Johnson (*Sorghum halepense*), causadas por *Curvularia muehlenbeckiae*; B) Lesiones color café claro con círculos concéntricos en tabacón (*Nicotiana glauca*) causadas por *Alternaria* sp.; C) Síntomas de manchas foliares color café oscuro con anillos concéntricos causados por *Alternaria* sp. aislada de tabaco silvestre; D) Cenicilla causados por *Golovinomyces spadiceos* en hoja de girasol silvestre (*Helianthus annuus*); E) Manchas irregulares y circulares café claro y márgenes de las hojas con atizonamiento causado por *Alternaria riccini* en hoja de higuera silvestre (*Ricinus comunis*) F) Síntomas de mildiú causados por *Pseudoperonospora cubensis* en meloncillo silvestre (*Cucumis melo* var. *Dudaim*).

plantas. De las hojas sintomáticas se aislaron en forma consistente a dos especies de *Alternaria* pertenecientes a la sección *Alternata* y *Curvularia muehlenbeckiae* (Guerra-Meza, 2021), pero aún no se ha demostrado su patogenicidad en ellas ni en solanáceas cultivadas.

Tizón foliar (*Alternaria* sp.) del zacate johnson (*Sorghum halepense*). El zacate johnson es una Poacea anual que se encuentra como arvense y ruderal durante todo el año en Sinaloa. Durante el otoño, invierno y primavera, las plantas muestran lesiones intervenales café claro a oscuro de 1.0 a 2.0 cm (Figura 3A). Las lesiones incrementan su tamaño hasta cubrir el 50 % del área foliar. Estudios en Sinaloa indican que la enfermedad es causada por *Curvularia muehlenbeckiae* (Olivas-Peraza *et al.*, 2021). El hongo también ha sido consignado causando manchas foliares en guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) en Sinaloa (Tovar *et al.*, 2022). La soya es el único hospedante económicamente importante en el que el hongo *C. muehlenbeckiae* causa manchas foliares en Sinaloa; también se ha registrado causando lesiones foliares en nogal pecanero (*Carya illinoensis*) en China (Lv *et al.*, 2023) y abeto (*Cunninghamia lanceolata*) (Cui, 2020) en el mismo país. En Sinaloa el hongo se ha encontrado asociado a la mancha foliar del tabaquillo (*Nicotiana trigonophylla*) (Guerra-Meza, 2021). Aun cuando la mancha foliar de la soya es causada por *C. muehlenbeckiae* en Sinaloa, se desconoce si el zacate johnson, guar y tabaquillo pueden fungir como potenciales fuentes de inóculo para el desarrollo de la enfermedad; de ahí la importancia de realizar inoculaciones cruzadas con aislados del hongo provenientes de las diferentes especies de plantas, lo cual contribuirá al conocimiento de la ecología, epidemiología y manejo de la enfermedad en los cultivos económicamente importantes.

Tizón foliar (*Alternaria* sp.) de la higuera silvestre (*Ricinus comunis*). La higuera silvestre se considera una especie exótica invasora la cual se comporta como perenne cuando crece como ruderal en Sinaloa. Las hojas muestran manchas irregulares de café claro a oscuro de 0.5 a 1.0 cm (Figura 3E); cuando las manchas coleasen cubren hasta el 25 % de la lámina foliar, lo que provoca defoliación, principalmente en las hojas del tercio inferior de las plantas. Estudios preliminares han demostrado que la mancha foliar de la higuera silvestre es causada por *Alternaria ricini* y que en inoculaciones artificiales también causó la enfermedad en higuera comercial (Olivas-Peraza, 2018), lo cual coincide con reportes previos de la enfermedad donde se ha implicado a *A. ricini* como agente causal de la enfermedad en higuera comercial en México (López-Guillén *et al.*, 2015) y otras partes del mundo (Masirevic *et al.*, 1993; Nagaraja y Krishnappa, 2016a; 2016b). En Sinaloa, los síntomas del tizón foliar en higuera silvestre ocurren durante el otoño invierno cuando los periodos de humedad relativa ≥ 90 % de 12 a 16 h diarias

y la temperatura oscila entre 8 y 28 °C, lo cual coincide con el ciclo de higuierilla comercial. Las pruebas de patogenicidad indican que la higuierilla silvestre es una fuente potencial de inóculo para el desarrollo del tizón foliar causado por *A. riccini* en higuierilla cultivada.

El mildiú (*Pseudoperonospora cubensis*) del meloncillo silvestre (*Cucumis melo* var. *Dudaim*). El meloncillo crece como arvense, pero también como ruderal en el norte de Sinaloa. Se presenta en altas poblaciones en terrenos agrícolas baldíos durante el verano y principios de otoño en Sinaloa. En los seis años recientes esta planta ha mostrado síntomas y signos de mildiú. La enfermedad es policíclica y las plantas presentan manchas de verde pálido a amarillo sin delimitación por las nervaduras en el haz (Figura 3F) y en el envés, los signos consisten en esporangióforos y esporangios con un crecimiento veloso color café o púrpura. La incidencia de mildiú en meloncillo es del 100 % y destruye hasta el 50 % del follaje de las plantas. Los primeros síntomas de la enfermedad en meloncillo silvestre se observan durante la última semana de septiembre y la primera semana de octubre, cuando aún no se trasplantan cucurbitáceas comerciales en la región. No se ha demostrado la patogenicidad de *P. cubensis* proveniente de meloncillo silvestre en cucurbitáceas cultivadas en Sinaloa, pero, estudios en Estados Unidos de Norteamérica indican que *P. cubensis* sobrevive al invierno en cucurbitáceas silvestres o cultivadas como biotrofo obligado en Florida; mientras que el patógeno no sobrevive el invierno en los estados del Noreste del mismo país debido al frío en invierno. De ahí que, a través del viento y la presencia de hospedantes susceptibles en la ruta de disseminación, el oomiceto se disemine desde Florida hasta los estados del noreste de Los Estados Unidos de Norteamérica cuando ocurre la enfermedad durante la primavera y el verano (Ojiambo y Holmes, 2011). En Sinaloa, las siembras en invernadero para producción de plántulas de cucurbitáceas inician la primera semana de octubre, la esporulación de *P. cubensis* en meloncillo silvestre es abundante y los niveles de humedad y temperatura favorecen el desarrollo de la enfermedad tanto en el meloncillo silvestre como cucurbitáceas cultivadas; sin embargo, se desconoce la forma de supervivencia del patógeno durante el verano, donde las temperaturas alcanzan hasta 40 °C.

Arvenses y ruderales como potenciales fuentes de inóculo de enfermedades en hortalizas Sinaloa. En la presente revisión se abordan enfermedades de origen viral y fungoso que se han detectado en arvenses y ruderales y que tienen el potencial para presentarse en cultivos hortícolas. La importancia de las arvenses y ruderales, así como la abundancia y motilidad de insectos vectores de enfermedades virales en tomate para industria se demostró en Sinaloa, donde mediante de estudios de presencia de potenciales fuentes de inóculo, poblaciones de potenciales especies

insectiles vectores de virus se diseñó un sistema de manejo de enfermedades virales en jitomate para industria (Nelson *et al.*, 1994).

LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Los estudios sobre el papel que juegan las arvenses y ruderales como potenciales fuentes de inóculo para el desarrollo de enfermedades en plantas cultivadas es insipiente en México (Nelson *et al.*, 1994). En la presente revisión se muestra la situación actual sobre el tema en Sinaloa. Derivado del presente trabajo se proponen nuevas líneas de investigación relativas a estudios sobre la distribución espacio temporal de las plantas silvestres anuales y perenes con potencial fuente de inóculo para el desarrollo de enfermedades de origen viral y enfermedades foliares de origen fungoso en plantas cultivadas.

Para la detección e identificación de hongos asociados a enfermedades foliares de plantas silvestres en el presente estudio, se recurrió a estudios morfométricos, utilización de la RT-PCR y estudios filogenéticos multigen, así como estudios de patogenicidad en algunos casos. En el caso de virus, se recurrió principalmente a pruebas serológicas. Sin duda, aun cuando requiere estudios de validación, el advenimiento de herramientas moleculares como la Secuenciación de Alto Rendimiento (SAR) (“High-Throughput Sequencing” en inglés) permite diagnósticos preliminares en la etapa inicial de diagnóstico para la identificación presuntiva de secuencias de virus donde se puede usar la RT-PCR o ELISA para confirmar el agente viral (Massart *et al.*, 2017). La SAR permite detectar todos los virus incluyendo variantes nuevas, así como viroides (Al Rwahnih *et al.*, 2015; Rott *et al.*, 2017). La presente revisión sólo marca el inicio de estudios futuros sobre potenciales fuentes de inóculo para el desarrollo de enfermedades en cultivos agrícolas, donde la SAR sería una herramienta de utilidad pues permitiría la detección de virus en plantas cultivadas y silvestres, inclusive en plantas asintomáticas (Jacques-Davy y Gubba, 2020). Sin embargo, la integración de herramientas como SAR y la bioinformática en el estudio de virus fitopatógenos en Sinaloa y en el resto del país, requerirá del desarrollo de proyectos que implican altas inversiones; pero éste es el camino en la implementación de estrategias sostenibles en el manejo de enfermedades de cultivos agrícolas. Aunado a ello, a estas herramientas innovadoras de detección deben de integrarse botánicos para que estudien la ecología de las ruderales y arvenses, así como virólogos, entomólogos y epidemiólogos. Además de la identificación de virus y hongos asociados a enfermedades en arvenses, también es importante demostrar la patogenicidad de éstos en las plantas cultivadas y viceversa. En los virus deberá procederse de manera similar; sin embargo, las transmisiones de los virus a partir de las plantas silvestres deberán realizarse mediante los potenciales insectos vectores, así como conocer las formas de transmisión.

En el manejo de enfermedades virales en el norte de Sinaloa, resalta la implementación de niveles de riesgo para la incidencia de este tipo de enfermedades en jitomate para industria en los municipios de El Fuerte, Ahome y Guasave en los 1990s. Este modelo permitió evadir las zonas del alto riesgo para la plantación de jitomate para industria. También se aplicaron medidas de saneamiento y evasión de las altas poblaciones de insectos vectores en el manejo de las enfermedades causadas por diferentes tipos de virus (Nelson *et al.*, 1994). Este es un caso de éxito en el manejo de este tipo de enfermedades; sin embargo, es recomendable el diseño, evaluación e implementación de niveles de riesgo, no sólo en jitomate para industria sino al grupo de hortalizas que se siembran en Sinaloa. También se deben de considerar las diferentes zonas productoras de hortalizas en el estado, pues existe variación en vegetación silvestre y sus poblaciones, así como los niveles de incidencia de enfermedades virales en este tipo de plantas pues se asume que, a mayor incidencia, las probabilidades de transmisión se incrementan. Los tipos de hortalizas y las fechas de siembra también pueden variar en Sinaloa. Al igual que las poblaciones de plantas arvenses y ruderales presentes en la región. Además, nuevas enfermedades virales han surgido en los años recientes como el *Tomato apex necrosis virus* (Turina *et al.*, 2007), *Tomato marchitez virus* (Camacho-Beltrán, 2015) y el *Tomato brown rugose fruit virus* (García-Estrada *et al.*, 2022), de los cuales se requiere mayor conocimiento sobre sus respectivos rangos de hospedantes. Otro aspecto de importancia en la interacción patógeno-planta silvestre es el rango de hospedantes del patógeno; en este sentido, la atención sobre el rango de hospedantes del patógeno siempre se ha direccionado hacia el rango de hospedantes en las plantas cultivadas, pero no en las plantas silvestres donde se pueden incluir patógenos con un amplio rango de hospedantes entre especies, géneros, y hasta familias (Dinoor y Eshed, 1984), lo cual impacta de manera directa en la ecología, epidemiología y el manejo de enfermedades virales.

Actualmente se desconoce el origen de los virus en plantas silvestres y cultivadas en Sinaloa. La mayoría de ellos quizás sean exóticos y se introdujeron al país a través de la semilla u otros medios. Una vez que éstos se establecieron en los cultivos agrícolas, se diseminaron a arvenses y ruderales mediante insectos vectores. De ahí la importancia de establecer medidas eficientes para detección de virus en semilla y material propagativo que se introduce al país; de esta manera se reducirá el riesgo de surgimiento de enfermedades emergentes en el país. Como medio de detección resalta el SAR, pues es direccionado hacia una amplia gama de virus (Rubio *et al.*, 2020). Quizás esta técnica también se pueda aplicar a la detección de virus en insectos vectores potenciales en el futuro.

En enfermedades virales ya establecidas tanto plantas silvestres como cultivadas en Sinaloa, se debe recurrir a: a) artrópodos depredadores y parasitoides (Dáder *et al.*, 2012), así como hongos entomopatógenos, nemátodos y bacterias

como agentes de control biológico (Kalha *et al.*, 2014); b) inhibidores de proteasas, neurotoxinas o silenciamiento de genes mediante ARN dirigidos a metabolismo primario del insecto vector (Fereses y Raccah, 2015; Nandety *et al.*, 2015; Vogel *et al.*, 2019); c) prácticas agronómicas como fechas de siembra direccionadas a evitar altas poblaciones de insectos vectores y d) se puede interferir en el proceso de transmisión mediante la aplicación de aceite mineral péptidos sintéticos o proteínas modificadas que compiten con proteínas codificadas por los virus, las cuales pueden interactuar con receptores del insecto vector (Lecoq y Desbiez, 2012; Blanc *et al.*, 2014).

En enfermedades en arvenses y ruderales existe un amplio espacio para la identificación de hongos asociados a éstas; también se debe de determinar su patogenicidad en plantas de importancia agrícola y viceversa, principalmente cuando en ambos coinciden especies del mismo género y/o especies. Se requieren también estudios sobre la ecología de los hongos asociados a las plantas silvestres, pues es frecuente observar que están presentes en arvenses y ruderales durante el otoño - invierno y los síntomas no ocurren durante el verano cuando las temperaturas alcanzan los 39-40 °C en el norte de Sinaloa.

CONCLUSIONES

En Sinaloa se cultivan una amplia gama de hortalizas. La incidencia de enfermedades virales y fungosas es frecuente en solanáceas y cucurbitáceas cultivadas durante la temporada otoño-invierno en la región. Paralelamente diversas especies de arvenses ruderales pertenecientes a éstas y otras familias botánicas muestran síntomas de enfermedades virales y fungosas en el entorno donde se cultivan las hortalizas. La asociación de estos patógenos a las plantas silvestres implica riesgo de transmisión hacia las plantas cultivadas. A la fecha no existen estudios sobre la distribución espacio-temporal de las arvenses y ruderales en los valles de Sinaloa, así como las fluctuaciones poblacionales de los potenciales insectos vectores de las enfermedades virales de este tipo de plantas a las plantas cultivadas y viceversa. Tampoco existen sistemas modernos para detección de fitopatógenos tanto en plantas como en los potenciales vectores. Líneas futuras de investigación deberán abordar estos tópicos donde participen Botánicos, Entomólogos, Fitopatólogos, Epidemiólogos y Bioinformáticos; esto permitirá un manejo sostenible de las enfermedades de las hortalizas y otros cultivos de importancia en Sinaloa.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Ruiz P, Jimenez CG, Leyva-López NE and Méndez-Lozano J. 2007. First report of tomato chlorosis virus infecting tomato crops in Sinaloa, Mexico. *Plant Pathol.* 56:1043.
- Al Rwahnih M, Daubert S, Golino D, Islas C and Rowhani A. 2015. Comparison of next-generation sequencing versus biological indexing for the optimal detection of viral pathogens in grapevine. *Phytopathology* 105: 758–763. <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-06-14-0165-R>.
- Apodaca-Orduño O. 2016. Caracterización morfológica, patogénica y molecular de aislados de *Alternaria* asociados al tizón foliar de tabaco silvestre (*Nicotina glauca* G.) en Sinaloa, México. Tesis de Maestría en Fitopatología y Medio Ambiente. Universidad de Occidente. Los Mochis, Sinaloa. 55p.
- Ascencio-Ibáñez JT, Diaz-Plaza R, Méndez-Lozano J, Monsalve-Fonnegra ZI, Argüello-Astorga GR and Rivera-Bustamante RF. 1999. First report of tomato yellow leaf curl geminivirus in Yucatán, México. *Plant Dis.* 83:1178
- Barajas-Ortiz MC, Leon-Sicaire CR, Lopez-Valenzuela JA, Reyes-Moreno C, Valdez-Ortiz A, Velarde-Félix S, Peraza-Garay F and Garzón-Tiznado JA. 2013. Transmission efficiency of *Tomato apex necrosis virus* by *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B in tomato. *Journal of Economic Entomology.* 106:1559-1565. <https://doi.org/10.1603/EC12223>.
- Barreto SS, Hallwass M, Aquino OM and Inoue-Nagata AK. 2013. A study of weeds as potential inoculum sources for a tomato infecting begomovirus in central Brazil. *Phytopathology* 103:436-444.
- Blanc S, Drucker M and Uzzest M. 2014. Localizing viruses in their insect vectors. *Annual Review of Phytopathology* 52:403–425. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto102313-04592>.
- Broadbent L. 1964. Control of plant virus diseases. In *Plant Virology*. ed. M. K. Corbett and H. D. Sisler. 16:330-64. Gainesville: Univ. Florida Press. 527p.
- Brown JK and Nelson MR. 1988. Transmission, host range, and virus-vector relationships of chino del tomate virus (CdTV), a whitefly-transmitted geminivirus from Sinaloa. *Plant Dis.* 72:866-869.
- Camacho-Beltrán E, Armenta-Chávez R, Romero-Romero JL, Magallanes-Tapia MA, Leyva-López NE, Apodaca-Sánchez MA and Méndez-Lozano J. 2015. First report of pepper as a natural new host for tomato marchitez virus in Sinaloa, Mexico. *Canadian Journal of Plant Pathology* 37:384–389. <https://doi.org/10.1080/07060661.2015.1078412>
- Cui WL, Lu XQ, Bian JY, Qi XL, Li DW and Huang L. 2020. *Curvularia spicifera* and *C. muehlenbeckiae* causing leaf blight on *Cunninghamia lanceolata*. *Plant Pathology* 69:ppa-13198. <https://doi.org/10.1111/ppa.13198>.
- Dáder B, Moreno A, Viñuela E, Fereres A. 2012. Spatio-temporal dynamics of viruses are differentially affected by parasitoids depending on the mode of transmission. *Viruses* 4: 3069–3089. <https://doi.org/10.3390/v4113069>
- Dille JA, Sikkema PH, Everman WJ, Davis VM and Burke IC. 2016. Perspectives on corn yield losses due to weeds in North America. *Weed Science Society of America*. <http://wssa.net/wp-content/uploads/WSSA-2015-Corn-Yield-Loss-poster-updated-calc.pdf> (Consultada 15 febrero de 2022).
- Dinoor A, Eshed N. 1984. The role and importance of pathogens in natural plant communities. *Annual Review of Phytopathology* 22:443–466. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.22.090184.002303>.
- Dinoor A. 1974. Role of wild and cultivated plants in the epidemiology of plant diseases in Israel. *Annual Review Phytopathology* 12:413-436. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.12.090174.002213>
- Duffus JE. 1971. Role of weeds in the incidence of virus diseases. *Annual Review Phytopathology* 9:319-340. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.09.090171.001535>
- Espinoza-Castillo DF. 2013. Estrategias de manejo del virus de la necrosis apical de tomate (ToANV) en los cultivos de tomate y tomatillo en el norte de Sinaloa. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Los Mochis. Los Mochis, Sinaloa. 48p.
- Fereres A and Raccach B. 2015. *Plant virus transmission by insects*. Chichester: eLS. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0000760.pub3>.
- Félix-Gastélum R, Olivas-Peraza DD, Quiroz-Figueroa FR, Leyva-Madrigal KY, Peñuelas-Rubio O, Espinosa-Matías S and Maldonado-Mendoza IE. 2019. Powdery mildew caused by *Golovinomyces spadicicus* on wild sunflower in Sinaloa, Mexico. *Canadian Journal of Plant Pathology* 41:301-309. <https://doi.org/10.1080/07060661.2019.1577916>

- Félix-Gastélum R, Magallanes-Tapia MA, Méndez-Lozano J, Huet H, Trigueros-Salmerón JA y Longoria-Espinoza RM. 2007. Detección del virus mosaico amarillo de la calabaza zucchini (ZYMV) y su coinfección con otros virus en Cucurbitáceas cultivadas y plantas silvestres en el Valle del Fuerte Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 25:95-101.
- García-Estrada RS, Díaz-Lara A, Aguilar-Molina VH and Tovar-Pedraza JM. 2022. Viruses of economic impact on tomato crops in Mexico: From Diagnosis to Management-A Review. *Viruses* 14:1251. <https://doi.org/10.3390/v14061251>.
- Gerling M, Pätzig M, Hempel L, Büttner C and Müller MEH. 2022. Arable weeds at the edges of kettle holes as overwintering habitat for phytopathogenic fungi. *Agronomy* 12: 823. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040823>
- Guerra-Meza O. 2021. Especies de *Alternaria* y *Curvularia* asociadas a manchas foliares en solanáceas silvestres. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Occidente. Los Mochis, Sinaloa 81p.
- Idris AM and Brown and JK. 1998. Sinaloa tomato leaf curl geminivirus: Biological and molecular evidence for a new subgroup III virus. *Phytopathology* 88:648–657. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1998.88.7.648>
- Isaaks MJ. 1989. Spatial components of plant disease epidemics. Prentice Hall Advanced Reference Series. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Jacques-Davy I and Gubba A. 2020. High-throughput sequencing application in the diagnosis and discovery of plant-infecting viruses in Africa, a decade later. *Plants* 9:1376. <https://doi.org/10.3390/plants9101376>.
- Jones JB, Zitter TA, Momol TM and Miller SA. (eds.) 2017. Compendium of tomato diseases and pests. Second Edition. APS Press. Saint Paul, MN, USA, 168p.
- Kalha C, Singh P, Kang S, Hunjan M, Gupta V and Sharma R. 2014. Entomopathogenic viruses and bacteria for insect-pest control, in integrated pest management: Current concepts and ecological perspective. Ed. D. P. Abrol San Diego, CA: Academic Press, 225–244p.
- Korbecka-Glinka G, Przybys M and Feledyn-Szewczyk B. 2021. A Survey of five plant viruses in weeds and tobacco in Poland. *Agronomy* 11:1667. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081667>.
- Lecoq H and Desbiez C. 2012. Viruses of cucurbit crops in the Mediterranean region: an ever-changing picture. *Advances in virus Research* 84:67–126. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394314-9.00003-8>.
- Leonard KJ and Szabo LJ. 2005. Stem rust of small grains and grasses caused by *Puccinia graminis*. *Molecular Plant Pathology* 6:99-111. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00273.x>.
- López-Guillén GJ, Gómez-Ruiz JF, Barrera-Gaytán M, Martínez-Bolaños E, Herrera-Parra M y Hernández-Arenas M. 2015. Plagas y enfermedades asociadas a higuierilla (*Ricinus communis* L.) en el trópico mexicano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Centro de Investigación Regional Pacífico Sur (CIRPAS). Folleto Técnico Núm. 36. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 48p.
- Lv S, Zhang Y, Zhang C and Xiao L. 2023. First report of *Curvularia muehlenbeckiae*, the causal agent of *Curvularia* leaf spot, on pecan (*Carya illinoensis*) in China. *Plant Disease* 107: 1232. <https://doi.org/10.1094/pdis-07-22-1516-pdn>.
- Masirevic S, Petrov M and Ceranic P. 1993. *Alternaria ricini*, a new castor bean parasite in Yugoslavia. *Zastita Bilja* 44:183-188.
- Massart S, Candresse T, Gil J, Lacomme C, Predajna L, Ravnikar M. et al. 2017. A Framework for the evaluation of biosecurity, commercial, regulatory, and scientific impacts of plant viruses and viroids identified by NGS technologies. *Frontiers in Microbiology* 8:45. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00045>.
- Mengistu A, Castlebury LA, Rossman AY, Smith JR and Reddy KN. 2007. Isolates of *Diaporthe-Phomopsis* from weeds and their effect on soybean. *Canadian Journal of Plant Pathology* 29: 283–289. <https://doi.org/10.1080/07060660709507471>.
- Myers DE. 1991. Interpolation and estimation with spatially located data. *Chemometrics Intelligent Lab. Sys.* 11: 209-228. [https://doi.org/10.1016/0169-7439\(91\)85001-6](https://doi.org/10.1016/0169-7439(91)85001-6)
- Nagaraja O and Krishnappa M. 2016a. Leaf blight of castor caused by *Alternaria ricini*: Detection and pathogenicity in castor (*Ricinus communis* L) seed. *SSRG International Journal of Agriculture and Environmental Science* 3:6-10. www.internationaljournalssrg.org
- Nagaraja O and Krishnappa M. 2016b. Location and transmission of *Alternaria ricini* in castor (*Ricinus communis* L.) *Asian Journal of Multidisciplinary Studies* 4: 4-8.

- Nandety RS, Kuoy YW, Nouriy S and Falk BW. 2015. Emerging strategies for RNA interference (RNAi) applications in insects. *Bioengineered* 6:8–19. <https://doi.org/10.4161/21655979.2014.979701>.
- Nelson MR, Felix-Gastelum R, Orum TV, Stowel LJ and Myers DE. 1994. Geographic information systems and geostatistics in the design and validation of regional plant virus management programs. *Phytopathology* 84: 898-905.
- Ojiambo PS and Holmes GJ. 2011. Spatiotemporal spread of cucurbit downy mildew in the eastern United States. *Phytopathology* 101:451-461. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-10-0240>
- Olivas-Peraza DD, Leyva-Madrigal KY, Maldonado-Mendoza IE and Félix-Gastélum R. 2021. *Curvularia muehlenbeckiae* causing leaf spot on johnson grass in Mexico. *Mycological Progress* 21: 50. <https://doi.org/10.1007/s11557-022-01805-0>
- Olivas-Peraza NG. 2018. Patogenicidad, caracterización morfolométrica y molecular de aislados de *Alternaria* spp. asociados al tizón foliar en higuera silvestre (*Ricinus communis* L.) en Sinaloa, México. Tesis de Maestría en Fitopatología y Medio Ambiente. Universidad Autónoma de Occidente. Los Mochis, Sinaloa. 66p.
- Rott M, Xiang Y, Boyes I, Belton M, Saeed H, Kesnakurti P, *et al.* 2017. Application of next generation sequencing for diagnostic testing of tree fruit viruses and viroids. *Plant Disease* 101:1489–1499. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-17-0306-RE>.
- Rubio L, Galipienso L and Ferriol I. 2020. Detection of plant viruses and disease management: relevance of genetic diversity and evolution. *Frontier in Plant Science*. 11:1092. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01092>.
- SAGARPA-SENASICA. 2016. Roya del tallo del trigo, *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* Ug99 Eriksson and Henning. Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Código EPPO: PuccGT. Ficha Técnica No. 25. 14p.
- Sánchez CM. 1998. Enfermedades causadas por hongos en tomate. Pp. 17-28. En: Cruz- Ortega J, García-Estrada R y Carrillo-Facio A. (eds.). Enfermedades de las hortalizas. Universidad Autónoma de Sinaloa. 255p.
- Simmons EG. 2007. *Alternaria* an identification manual. CBS. Fungal Biodiversity Centre. Utrecht, The Netherlands. 775p.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2022. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Tolín SA, Langham MA and Gergerich RC. 2016. Beetle transmisión: a unique alliance of virus, vector and host. In: J.K. Brown (ed). Vector-mediated transmisión of plant pathogens. American Phytopathological Press. St. Paul MN, USA. 510 p.
- Tovar-Pedraza JM, Márquez-Licon G, Bárcenas-Santana D, Leyva-Madrigal KY, Mora-Romero GA, Llaven-Valencia G and García-León E. 2022. Occurrence of *Curvularia pisi* and *C. muehlenbeckiae* causing leaf spot on guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) in Mexico. *Plant Disease* 107:565. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-22-0858-PDN>.
- Turina M, Ricker MD, Lenzi R, Masenga V and Ciuffo M. 2007. A Severe disease of tomato in the Culiacan Area (Sinaloa, Mexico) is caused by a new Picorna-like viral species. *Plant Disease* 91:932–941. <https://doi.org/10.1094/pdis-91-8-0932>.
- Vogel E, Santos D, Mingels L, Verdonck TW and Broeck JV. 2019. RNA interference in insects: protecting beneficials and controlling pests. *Frontier Physiology* 10:1912. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01912>.
- Volvas C, and Di-Franco A. 2004. Cucumber mosaic virus in *Nicotiana glauca*. *Journal of Plant Pathology* 86:91-92.
- Wisler GC and Norris RF. 2005. Interaction between weeds and cultivated plants as related to management of plant pathogens. *Weed Science* 53: 914-917. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-04-051R.1>
- Yazdkhastia E, Hopkins RJ and Kvarnheden A. 2021. Reservoirs of plant virus disease: Occurrence of wheat dwarf virus and barley/cereal yellow dwarf viruses in Sweden. *Plant Pathology* 70: 1552-1561. <https://doi.org/10.1111/ppa.13414>
- Zimdahl RL. 1980. Weed-crop competition: A review. Int. Plant Prot. Center, Oregon. State University Carvallis, Oregon. 195 p.
- Zitter TA, Hopkins DL and Thomas CE. 1996. Compendium of cucurbit diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, MN. 87 p.