



Artículo de revisión

Patosistema de *Iris yellow spot orthospovirus*, hospederos del virus y el vector (*Thrips tabaci*)

Norma Ávila-Alistac*, Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Xochimilco, CDMX, México C.P. 04960; **Erika J. Zamora-Macorra¹**, **Héctor Lozoya-Saldaña²**, ¹Preparatoria Agrícola, ²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera México-Texcoco, Texcoco, Estado de México, México, C.P. 56230.

RESUMEN

Iris yellow spot orthospovirus (IYSV) causa graves problemas en el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) y está ampliamente distribuido en las zonas productoras del país. En México se reportó en 2010 como “mancha amarilla” en cebolla y en otros miembros del género *Allium*. Su principal vector *Thrips tabaci*, que ocasiona daños directos por alimentación y por ser vector de otros virus como *Tomato spotted wilt orthospovirus* e *Impatiens necrotic spot orthospovirus*. El conocimiento del patosistema de IYSV- *Thrips tabaci*- *Allium cepa*- arvenses puede coadyuvar a un manejo integral y concientización del uso de pesticidas. La versatilidad de IYSV de infectar a más de 60 especies de plantas (>20 familias), de las cuales en su mayoría están presentes en México; aunado al amplio rango de hospedantes del vector, vuelve compleja la interacción y conlleva a comprender mejor sobre la diversidad de hospedantes alternos del vector y/o el IYSV. En la actualidad, información sobre arvenses como hospederos de IYSV y el vector es limitado, pero su conocimiento proporcionará mayor comprensión de la enfermedad. Es importante tener un conocimiento integral del virus, hospedante principal, hospedantes alternos y vector en el país, para encausar investigaciones futuras para contrarrestar este problema y minimizar pérdidas causadas por IYSV en el cultivo de cebolla principalmente.

Palabras clave: IYSV, *Allium*, arvenses, hospedantes, *orthospovirus*.

INTRODUCCIÓN

México es rico en una diversidad de ambientes climáticos que fomenta la producción de una gama de cultivos de importancia nacional e internacional. Ejemplo

*Autor de
correspondencia:
Norma Ávila-Alistac
alixtac@gmail.com

Sección:
Edición periódica

Recibido:
30 Octubre, 2023
Aceptado:
10 Marzo, 2024
Publicado:
18 Marzo, 2024

Cita:
Ávila-Alistac N,
Zamora-Macorra EJ y
Lozoya-Saldaña H. 2024.
Patosistema de *Iris yellow
spot orthospovirus*,
hospederos del virus y el
vector (*Thrips tabaci*).
Revista Mexicana de
Fitopatología 42(2): 18.
[https://doi.org/10.18781/R.
MEX.FIT.2310-8](https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2310-8)



de ello, es el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) que se produce en la mayoría de las entidades del país. En 2023, se registró una producción de 1,528,450 toneladas concentrada en 10 estados, destacando Chihuahua (SIAP, 2023). Pese a su importancia, se ve afectado por enfermedades virales, como el virus rayado amarillo del puerro (*Leek yellow stripe virus*-LYSV) (Pérez-Moreno *et al.*, 2004; Velasquez-Valle *et al.*, 2010), el virus de la marchitez manchada del jitomate (*Tomato spotted wilt orthotospovirus*-TSWV), el virus del jaspeado del tabaco (*Tobacco etch virus*-TEV), el virus latente común del ajo (*Garlic latent common virus*-GLCV) (Velasquez-Valle *et al.*, 2010) y el virus de la mancha amarilla del iris (*Iris yellow spot orthotospovirus*-IYSV) (Velásquez-Valle y Reveles-Hernández; 2011). Este último, de mayor importancia económica en cebolla en el mundo (Jones, 2005; Bag *et al.*, 2009) y otros cultivos del género *Allium* (Bag *et al.*, 2015; Weilner y Bedlan, 2013), con pérdidas en producción de semilla y mermas en el tamaño del bulbo (Bag *et al.*, 2010; Bag *et al.*, 2012b).

El IYSV es el más devastador en *Allium* (Brewster, 2008) y tiene mayor importancia por su amplia distribución geográfica y rango de hospedantes reportados en los últimos años (Smith *et al.*, 2011; Ghotbi *et al.*, 2005; Sampangi y Mohan, 2007). En las últimas décadas, el impacto económico de los *Orthotospovirus* se ha incrementado, causando pérdidas económicas en una diversidad de hortalizas y ornamentales (Turina *et al.*, 2016), esto debido a la dificultad de combatir los insectos vectores con insecticidas, e implementar diferentes estrategias de manejo para limitar y prevenir la introducción de *Orthotospovirus* en áreas agrícolas (Turina *et al.*, 2016). Es por ello, la importancia de conocer el IYSV en México, su rango de hospedantes que pueden ser reservorios del virus y eventual surgimiento de la enfermedad; aunado a ello, los hospederos alternos del vector del virus.

Clasificación taxonómica y genómica del IYSV. El *Iris yellow spot orthotospovirus* pertenece a la familia *Tospoviridae* (Orden: *Bunyavirales*) y género *Orthotospovirus* (Adams *et al.*, 2017). Su genoma consta de tres segmentos de ARN: segmento pequeño (Small-S) (2.9 kb), mediano (Medium-M) (4.8 kb) y largo (Large-L) (8.9 kb) (Cortês *et al.*, 1998). El ARN largo contiene 8,880 nucleótidos, con un marco de lectura abierta (Open Reading Frame-ORF) en la cadena viral complementaria (vc). El ARN codifica para la proteína ARN polimerasa del ARN dependiente (RdRp) de 331.17 kDa en sentido negativo (Figura 1) (Bag *et al.*, 2010). La terminación 5' y 3' del ARN L (vc) contiene dos regiones no traducidos de 33 y 226 nucleótidos, ambos extremos tienen nucleótidos terminales conservados (característica común del género) (Bag *et al.*, 2010).

El ARN M consta de 4,817 nucleótidos con dos marcos de lectura abierta (Open Reading Frame-ORF) con arreglo ambisentido, separados por una región intergénica (IGR) de 380 nucleótidos (Bag *et al.*, 2009). El ORF pequeño contiene 935 nucleótidos que codifica una proteína de 311 aminoácidos y 34.7 kDa. Este ORF

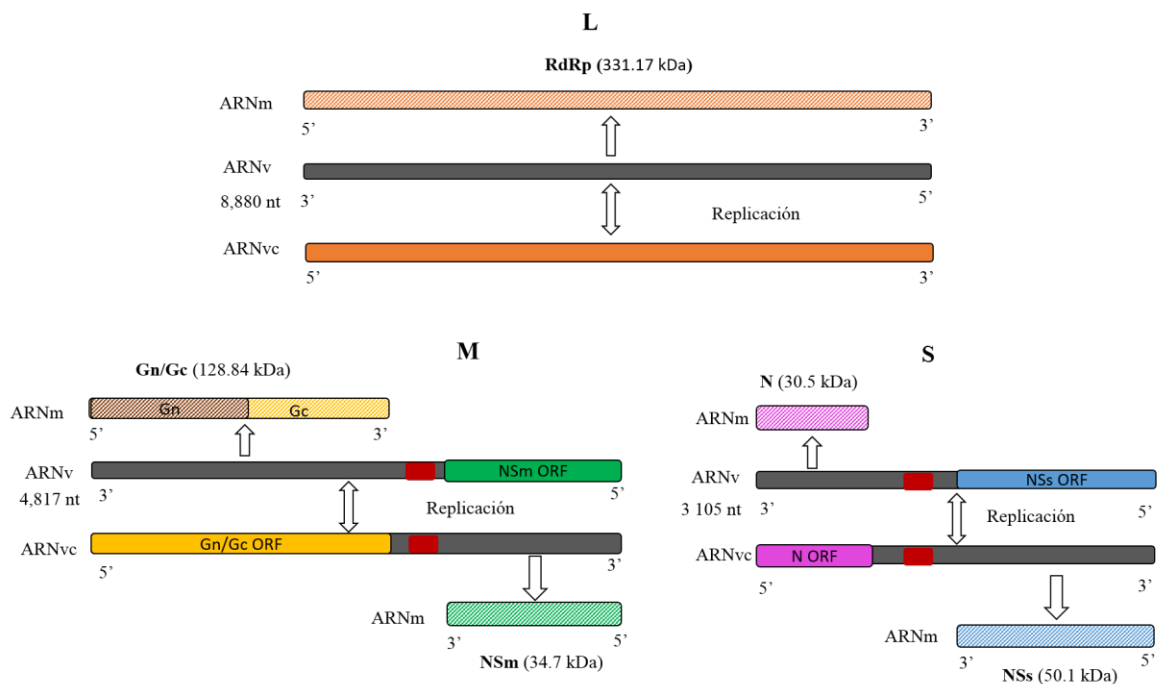


Figura 1. Representación de la organización segmentada del genoma de ARN de *Iris yellow spot orthotospovirus* (L, M y S). Modificado de Bag *et al.* (2015).

codifica en sentido positivo para la proteína de movimiento no estructural (NSm). El ORF largo es de 3,410 nucleótidos y codifica una proteína de 1,136 aminoácidos y 128.84 kDa, donde se encuentra la glicoproteína precursora (Gn/Gc) en sentido viral complementario. Ambos ORF's son separados por una región intergénica de 395 nucleótidos (Bag *et al.*, 2009). Tanto el ARN M y S son de codificación ambisentido y ambos contienen dos ORFs (Granval de Millán y Gracia, 1999). Finalmente, el ARN S consta de 3,105 nucleótidos, con dos ORFs; un ORF de 1,329 nucleótidos y codifica la proteína no estructural (NSs) en sentido positivo y otro de 816 nucleótidos que codifica la nucleoproteína (N) en sentido negativo (Figura 1) (Cortês *et al.*, 1997; Cortês *et al.*, 1998).

Síntomas en cebolla. En cebolla los síntomas suelen ser específicos (Weilner y Bedlan, 2013), y consisten en lesiones elongadas o en forma de diamante, cloróticas o color café claro a blanco y con presencia o ausencia de una isla verde en el centro de las lesiones de las hojas (Figuras 2 A-D) y tallos florales (Gent *et al.*, 2006). Al inicio de la infección los síntomas pueden confundirse con lesiones originadas por trips u otros patógenos (hongos o bacterias) (Weilner y Bedlan, 2013); sin embargo,

estas lesiones se observan en la parte interna de las hojas próximas al bulbo, donde los trips prefieren alimentarse (Figuras 2 E-F). Cuando las lesiones del virus coalescen, las hojas colapsan y se reduce el área fotosintética (Kritzman *et al.*, 2001), afectando la formación del bulbo (Gent *et al.*, 2006) e inclusive causa la muerte de la planta cuando el daño es severo (Weilner y Bedlan 2013). Los síntomas son más frecuentes cuando la planta se encuentra en edad avanzada o en la formación del bulbo (Weilner y Bedlan, 2013). Los síntomas reportados en el cultivo de cebolla en México, son similares a los reportados en otros países, lesiones cloróticas, amarillentas o blancas, secas y alargadas (Figura 2A y 2B) (Ramírez-Rojas *et al.*, 2016), y en ocasiones se observa una isla verde en el centro de la lesión (Figura 2 C y D) (Ávila-Alistac *et al.*, 2017).



Figura 2. A y B) Síntomas asociados a la infección de *Iris yellow spot orthotospovirus* consistentes en lesiones cloróticas de color blanco pajizo en forma elongada; C y D) Lesiones cloróticas de color blanco pajizo con presencia de una isla verde en el centro de la lesión; E-G) Presencia de altas poblaciones de *T. tabaci* (inmaduros y adultos) en el cultivo de la cebolla.

En otros hospedantes como *N. benthamiana*, el IYSV causa mosaicos y deformación en hojas (Ghotbi *et al.*, 2005; Ávila-Alistac *et al.*, 2017; Ornelas-Ocampo *et al.*, 2018). En tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) los síntomas se asocian a un amarillamiento y necrosis en la planta (Ríos-Domínguez *et al.*, 2017). A pesar de reportes sintomatológicos similares en México y otros países, la diversidad genética de las poblaciones de IYSV puede generar una diversidad de síntomas (Iftikhar *et al.*, 2014). En México, la información sobre la diversidad de IYSV es limitada, solo existe el reporte de Ornelas-Ocampo y colaboradores (2018) quienes observaron variabilidad de síntomas en cebolla infectadas con IYSV, clasificándolos como síntomas típicos y severos; no obstante, genómicamente, no presentó diferencias entre los fragmentos del genoma de IYSV analizados. Pese a esto, no se descarta la probabilidad de la variabilidad en las zonas productoras de cebolla, considerando la presencia de otros *Orthotospovirus* en áreas agrícolas.

Distribución nacional y hospedantes alternos de IYSV. El IYSV está distribuido en la mayoría de las entidades productoras de cebolla en el mundo (Gent *et al.*, 2006). En México se reportó en 2010, en Delicias, Chihuahua con severas pérdidas económicas en el cultivo (Velázquez-Valle *et al.*, 2010). En el mismo año también se reportó en Zacatecas (Velázquez-Valle y Reveles-Hernández, 2011). Posteriormente, en 2012, se observó una incidencia del 100 % en 2,500 ha cultivadas de cebolla en Morelos (Ramírez-Rojas *et al.*, 2016), y en 2013 en Vista Hermosa y Tanhuato, Michoacán (Ávila-Alistac *et al.*, 2017). Estos reportes se registraron en cebolla, y solo en Guanajuato se reportó su presencia en ajo (*Allium sativum*) (Pérez-Moreno *et al.*, 2010) donde confirmaron la presencia del vector (*Thrips tabaci*) y el virus en el insecto (García-Rodríguez *et al.*, 2014).

Además, IYSV se ha detectado en tomate de cáscara en Malinalco y Tonicato, Estado de México (Ríos-Domínguez *et al.*, 2017; Ríos-Domínguez *et al.*, 2018), y jitomate (*Solanum lycopersicum*) en Coatepec Harinas, Edo. de México (Ríos-Domínguez *et al.*, 2018). La infección en otros hospedantes diferentes a *Allium* demuestran la capacidad del virus para infectar especies de otras familias de importancia económica en el país. Por ello, no se descarta la probabilidad de distribución del virus en otras especies.

Por ejemplo, inicialmente el rango de hospedantes del IYSV era limitado (Kritzman *et al.*, 2001), pero con el tiempo la gama de hospedantes se ha diversificado en varias plantas ornamentales (Jones, 2005), cultivos y arvenses de todo el mundo (Cuadro 1) (Hsu *et al.*, 2011; Sampangi *et al.*, 2007; Schwartz *et al.*, 2014; Weilner y Bedlan, 2013; Szostek y Schwartz, 2015). El estudio del papel de los hospedantes alternos y vectores secundarios (Schoonhoven *et al.*, 2005) es primordial para entender el patosistema de IYSV-Vector-Hospedante-Arvense para implementar estrategias asertivas para el manejo holístico y sistémico. En Zacatecas, México,

Cuadro 1. Rango de hospedantes de *Iris yellow spot orthospovirus*.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Referencias
Alliaceae	<i>Allium tuberosum</i>	Cebolla silvestre	Gawande <i>et al.</i> , 2014
	<i>A. fistulosum</i>	Cebollín	Tabassum <i>et al.</i> , 2016
Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Amaranto	Gent <i>et al.</i> , 2006; Sampangi <i>et al.</i> , 2007; Schwartz <i>et al.</i> , 2014; BIRTHIA <i>et al.</i> , 2018
	<i>A. hybridus</i>	Quelite blanco	Karavina y Gubba, 2017
	<i>A. spinosus</i>	Quelite espinoso	Karavina y Gubba, 2017
	<i>Amaranthus spp.</i> ²	Quelite	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
	<i>Atriplex micranth</i>	Atriplex	Evans <i>et al.</i> , 2009 ^a
Asteraceae	<i>Arctium minus</i>	Lampazo menor	Hsu <i>et al.</i> , 2011; Smith <i>et al.</i> , 2012
	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	Falsa manzanilla	Weilner y Bedlan, 2013
	<i>Artemisia vulgaris</i>	Artemisa	Weilner y Bedlan, 2013
	<i>Arctium tomentosum</i>	Bardana tormentosa	
	<i>Cichorium intybus</i>	Achicoria común	Hsu <i>et al.</i> , 2011; Smith <i>et al.</i> , 2012; Weilner y Bedlan, 2013
	<i>Taraxicum officinale</i>	Diente de león	Hsu <i>et al.</i> , 2011; Smith <i>et al.</i> , 2012; Schwartz <i>et al.</i> , 2014; Szostek y Schwartz, 2015
	<i>Sonchus asper</i>	Lechuguilla espinosa	Nischwitz <i>et al.</i> , 2007
	<i>Lactuca serriola</i>	Lechuga silvestre	Sampangi <i>et al.</i> , 2007; Schwartz <i>et al.</i> , 2014; Szostek y Schwartz, 2015
	<i>S. oleraceus</i> ⁴	Lechuguilla común	Schwartz <i>et al.</i> , 2014; Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
	<i>Senecio vulgaris</i>	Senecio	Schwartz <i>et al.</i> , 2014
	<i>Bidens odorata</i> ⁴	Aceitilla	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
	<i>Chrysothamnus nauseosus</i>	Chamiza	Schwartz <i>et al.</i> , 2014
	<i>Conyza canadensis</i>	Pegajosa	Schwartz <i>et al.</i> , 2014
	<i>Tragopogon dubius</i>	Barbaja amarilla	Schwartz <i>et al.</i> , 2014; Szostek y Schwartz, 2015
	Amaryllidaceae	<i>Bessera elegans</i>	Arete
Brassicaceae	<i>Chorispora tenella</i>	mostaza azul	Schwartz <i>et al.</i> , 2014
	<i>Descurainia sophia</i>	Hierba sofía	Schwartz <i>et al.</i> , 2014; Szostek y Schwartz, 2015
	<i>Capsella bursapastoris</i>	Bolsa de pastor	Weilner y Bedlan, 2013
	<i>Eruca sativa</i> ⁴	Rucola silvestre	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
	<i>Brassica campestris</i> ²	Nabo del campo	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
	<i>Sisymbrium spp.</i> ²	Mataandil	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
	<i>B. kaber</i>	Mostaza de campo	Schwartz <i>et al.</i> , 2014
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i>	Correhuela	Schwartz <i>et al.</i> , 2014; Weilner y Bedlan, 2013
Chenopodiaceae	<i>Kochia scoparia</i>	Coquia	Sampangi <i>et al.</i> , 2007; Schwartz <i>et al.</i> , 2014
	<i>C. album</i>	Quínoa	Sampangi <i>et al.</i> , 2007; Schwartz <i>et al.</i> , 2014; BIRTHIA <i>et al.</i> , 2018
	<i>Chenopodium spp.</i> ²	Quenopodium	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
	<i>Salsola iberica</i>	Bola de fuego	Schwartz <i>et al.</i> , 2014
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	Schwartz <i>et al.</i> , 2014
	<i>Euphorbia dentata</i>	Lechosilla	Schwartz <i>et al.</i> , 2014
Fabaceae	<i>Medicago sativa</i> ⁴	Alfalfa	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013

Cuadro 1. Continúa...

Familia	Nombre científico	Nombre común	Referencias
<i>Geraniaceae</i>	<i>Erodium cicutarium</i>	Alfilerillo	Schwartz <i>et al.</i> , 2014
<i>Polygonaceae</i>	<i>Rumex crispus</i>	Lengua de vaca	Hsu <i>et al.</i> , 2011; Smith <i>et al.</i> , 2012; Weilner y Bedlan, 2013
<i>Portulacaceae</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	Cosmi <i>et al.</i> , 2003; Schwartz <i>et al.</i> , 2014
<i>Plantaginaceae</i>	<i>Linaria canadensis</i>	Linaria azul	CABI, 2015
	<i>Plantago lanceolata</i>	Llantén de hoja angosta	Schwartz <i>et al.</i> , 2014
<i>Poaceae</i>	<i>Setaria viridis</i>	Almorejo	Evans <i>et al.</i> , 2009b
	<i>Aegilops cylindrica</i>	Zacate cara de cabra	Schwartz <i>et al.</i> , 2014
	<i>Dactylis glomerata</i>	Pasto ovilla	Weilner y Bedlan, 2013
	<i>Eleusine indica</i>	Pata de gallina	Karavina y Gubba, 2017
	<i>Poa</i> sp.	Pasto	Weilner y Bedlan, 2013
<i>Polygonaceae</i>	<i>Polygonum lapathifolium</i>	Polígono pata perdiz	Schwartz <i>et al.</i> , 2014
<i>Malvaceae</i>	<i>Hibiscus trionum</i>	Flor de una hora	Schwartz <i>et al.</i> , 2014
	<i>Malva parviflora</i> ²	Quesitos	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
	<i>M. neglecta</i>	Malva	Szostek y Schwartz, 2015
<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum nigrum</i>	Hierba mora	Schwartz <i>et al.</i> , 2014; BIRTHIA <i>et al.</i> , 2018
	<i>S. sarrachoides</i>	Belladona	Schwartz <i>et al.</i> , 2014
	<i>Datura stramonium</i>	Toloache	BIRTHIA <i>et al.</i> , 2018
	<i>S. lycopersicum</i> ³	Tomate	Ríos-Domínguez <i>et al.</i> , 2018
	<i>Physalis minima</i>	Grosella espinosa	BIRTHIA <i>et al.</i> , 2018
	<i>P. ixocarpa</i> ³	Tomate de cáscara	Ríos-Domínguez <i>et al.</i> , 2017; Ríos-Domínguez <i>et al.</i> , 2018
<i>Zygophyllaceae</i>	<i>Tribulus terrestris</i>	Abrojo de flor amarilla	Sampangi <i>et al.</i> , 2007
<i>Geraniaceae</i>	<i>Pelargonium hortorum</i>	Geranio común	Ghotbi <i>et al.</i> , 2005
<i>Cycadaceae</i>	<i>Cycas</i> sp.	Palama sago	Ghotbi <i>et al.</i> , 2005
<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa</i> sp.	Rosa	Ghotbi <i>et al.</i> , 2005
<i>Araceae</i>	<i>Scindapsus</i> sp.	Potos	Ghotbi <i>et al.</i> , 2005
<i>Gentianaceae</i>	<i>Eustoma russellianum</i>	Lisianthus	Kritzman <i>et al.</i> , 2000
	<i>E. grandiflorum</i>	Lisianthus	Mumford <i>et al.</i> , 2008
	<i>chrysanthemum</i>	Crisantemo	Rafizadeh <i>et al.</i> , 2013

³ Detectado por RT-PCR.

² Detectado mediante ELISA.

Velásquez-Valle *et al.* (2013) resalta la importancia de *Amaranthus* spp., *Bidens odorata*, *Brassica campestris*, *Chenopodium* spp., *Eruca sativa*, *Malva parviflora*, *Medicago sativa*, *Sisymbrium* spp. y *Sonchus oleraceus* como hospedantes de IYSV. Interesantemente, IYSV se ha detectado en al menos 20 familias de plantas con predominancia en *Asteraceae*, arvenses abundantes en el país (Cuadro 1).

Formas de transmisión y vectores del IYSV. Hasta el momento no existen evidencias de transmisión del virus por semillas (Kritzman *et al.*, 2001) y bajo condi-

ciones controladas la transmisión mecánica en plantas de cebolla es menor a 30 % (Bag *et al.*, 2015). El principal vector es *T. tabaci* (Terebrantia: Thripidae) (Cortês *et al.*, 1998), también conocido como “trips de la cebolla”, el cual transmite al virus de una manera persistente y propagativa (Diaz-Montano *et al.*, 2011). También se demostró a *Frankliniella fusca* bajo condiciones de invernadero la capacidad de transmitir al virus en bajo porcentaje (Srinivasan *et al.*, 2012). Las especies de *Orthotospovirus* se transmiten naturalmente por trips de manera persistente (Bag *et al.*, 2015); es decir, una vez que el virus infecta al insecto, éste será capaz de transmitirlo por el resto de su vida.

El trips de la cebolla es una plaga importante en este cultivo (Diaz-Montano *et al.*, 2011), y de un extenso número de plantas de importancia económica, como hortalizas y plantas ornamentales (Schoonhoven *et al.*, 2005; Alford, 1999; Gent *et al.*, 2004). Este vector, adquiere mayor relevancia al transmitir no solo a IYSV, sino también a *Tomato spotted wilt orthotospovirus* (TSWV) (Jenser *et al.*, 2011) e *Impatiens necrotic spot orthotospovirus* (INSV) (Ghotbi *et al.*, 2005). Es una plaga cosmopolita y polífaga, que puede sobrevivir fácilmente en plantas alternas como arvenses, especialmente ante la ausencia del cultivo (Schoonhoven *et al.*, 2005). Tanto INSV como TSWV están presentes en cultivos hortícolas en México; el INSV se ha reportado en *P. ixocarpa*, *Capsicum* spp. y jitomate (Torre-Almaraz *et al.*, 1998; González-Pacheco y Silva-Rosales, 2013; Zuñiga-Romano *et al.*, 2019) y el TSWV en varios cultivos hortícolas y ornamentales del país e incluso en el cultivo de cebolla (Torre-Almaraz *et al.*, 1998; Holguín-Peña y Rueda-Puente, 2007; Morales-Díaz *et al.*, 2008; Velásquez-Valle *et al.*, 2009; Velásquez-Valle *et al.*, 2012).

Existe la posibilidad que *T. tabaci* tenga la capacidad de transmitir los tres *Orthotospovirus* en mezclas virales, ya que existen evidencias de que dos o más virus se pueden complementar para infectar a su hospedante. Bag *et al.* (2012a) sustenta lo mencionado previamente al resaltar que TSWV facilitó el movimiento de la proteína viral de IYSV desde el área de inoculación hasta las hojas jóvenes de *Datura*, volviéndose una infección sistémica. Dicho de otra forma, la doble infección de IYSV y TSWV en *Datura* aumentó la severidad de los síntomas en hojas inoculadas, así como en hojas jóvenes (infección sistémica), generando un sinergismo. Cabe mencionar que el comportamiento de TSWV e IYSV en plantas de *Datura* son diferentes, TSWV infecta de forma sistémica e IYSV es localizado (infección limitado en las áreas inoculadas). La redistribución y/o la complementación genética entre los segmentos genómicos de los virus podrían contribuir a mayor variabilidad, lo que no es limitativo la infección de dos o más *Orthotospovirus* en la naturaleza (Bag *et al.*, 2012a). Lo anterior refuerza la teoría de que el insecto vector tiene la capacidad de transmitir virus de forma aislada y en mezclas virales.

Hospedantes alternos de *Thrips tabaci*. Las plantas hospederas de *T. tabaci* incluyen no solo cultivos de importancia económica, también diversas arvenses que al fenecer o ser eliminadas puede favorecer la dispersión de los insectos virulíferos a cultivos de interés (Doederlein y Sites, 1993; Ghotbi *et al.*, 2005). En México, se ha estudiado el papel de las arvenses de la familia de las *Cucurbitaceae* y *Solanaceae* 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) en cultivos de importancia agronómica (Félix-Gastélum *et al.*, 2023). En cebolla, es limitada la información concerniente a las arvenses; solo en Morelos y Michoacán se estudió la presencia de IYSV en arvenses asociadas al cultivo (Ramírez-Rojas *et al.*, 2016; Ávila-Alistac *et al.*, 2017); sin embargo, solo se registró la presencia de *T. tabaci* en arvenses asociadas al cultivo, sin evaluar la presencia del virus en el insecto (Cuadro 2). No obstante, las arvenses reportadas en otros países positivas a IYSV, están presentes en México e interaccionan con el cultivo de cebolla y además, son hospedantes del vector (Beltran *et al.*, 2011; Velásquez-Valle *et al.*, 2013;

Cuadro 2. Hospederos alternos de *Thrips tabaci* e *Iris yellow spot orthospovirus* en México y el mundo.

Especie	Hospedante de <i>T. tabaci</i> en México	Hospedante de IYSV Nacional/Mundial	Referencias
<i>Amaranthaceae</i>			
<i>Chenopodium</i> spp	+	+/+	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013; Sampangi <i>et al.</i> , 2007; Schwartz <i>et al.</i> , 2014
<i>Amaranthus</i> spp.	+	+/-	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
<i>A. hybridus</i>	+	-/+	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017
<i>A. spinosus</i>	+	-/+	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017; Karavina y Gubba, 2017
<i>Solanaceae</i>			
<i>Solanum eleagnifolium</i>	+	-/-	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
<i>Solanum tuberosum</i>	+	-/-	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
<i>Capsicum annum</i>	+	-/-	Beltran <i>et al.</i> , 2011; Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2009.
<i>Asteraceae</i>			
<i>Sonchus</i> spp.	+	-/+	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013; Nischwitz <i>et al.</i> , 2007
<i>Sonchus oleraceus</i>	+	-/+	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017; Schwartz <i>et al.</i> , 2014
<i>Parthenium hysterophorus</i>	+	-/-	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017
<i>Tithonia tubiformis</i>	+	-/-	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017
<i>Lactuca serriola</i>	+	-/-	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017
<i>Bidens odorata</i>	-	+/-	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013

Cuadro 2. Continúa...

Especie	Hospedante de <i>T. tabaci</i> en México	Hospedante de IYSV Nacional/Mundial	Referencias
Fabaceae			
<i>Phaseolus vulgaris</i>	+	-/-	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
<i>Medicago sativa</i>	-	+/-	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
Brassicaceae			
<i>Brassica</i> spp.	+	-/-	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
<i>Sisymbrium</i> spp.	+	+/-	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
<i>Lepidium virginicum</i>	+	-/-	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017
<i>Brassica campestris</i>	-	+/-	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
<i>Eruca sativa</i>	-	+/-	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013
Liliaceae			
<i>A. cepa</i>	+	-/-	Magos, 2011; Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013; Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017
Acanthaceae			
<i>Dicliptera peduncularis</i>	+	-/-	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017
Convolvulaceae			
<i>Ipomoea purpurea</i>	+	-/-	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017
Euphorbiaceae			
<i>Acalypha ostryifolia</i>	+	-/-	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017
<i>Ricinnus comunis</i>	+	-/+	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017; Schwartz <i>et al.</i> , 2014
<i>Acalypha arvensis</i>	+	-/-	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017
Malvaceae			
<i>Malva parviflora</i>	+	+/-	Velásquez-Valle <i>et al.</i> , 2013; Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017
<i>Anoda cristata</i>	+	-/-	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	+	-/-	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017
Portulacaceae			
<i>Portulaca oleracea</i>	+	-/+	Ávila-Alistac <i>et al.</i> , 2017; Cosmi <i>et al.</i> , 2003; Schwartz <i>et al.</i> , 2014

*Hospedante de *T. tabaci* y/o IYSV

Ávila-Alistac *et al.*, 2017). Estas arvenses se han reportado en altas poblaciones al igual que *T. tabaci*; *p.e.* se ha reportado a *Portulaca oleracea* como hospedero de IYSV (Cosmi *et al.*, 2023; Schwartz *et al.*, 2014), arvense ampliamente distribuido en zonas productoras de cebolla (Figura 3) (Ávila-Alistac *et al.*, 2017). La frecuencia de las arvenses dentro y fuera de plantaciones de cebolla constituyen la principal causa de prevalencia de *T. tabaci*, vectores potenciales en área productivas sin presencia de IYSV (Gent *et al.*, 2006; Tanveer *et al.*, 2015). Por consiguiente, no se descarta la presencia de IYSV en arvenses presentes en el país como las reportadas



Figura 3. Arvenses interactando dentro y fuera del cultivo de cebolla (*Allium cepa*). **A)** Escoba amarga (*Parthenium hysterophorus*); **B)** Verdolaga (*Portulaca oleracea*); **C)** Plantas de acalifa (*Acalypha ostryifolia*); **D)** Acahual o falso girasol (*Tithonia tubiformis*) en el borde del cultivo de cebolla.

por Velásquez-Valle *et al.* (2013) (Cuadro 2). En México, al menos 14 especies de arvenses son hospedantes de *T. tabaci* y estos se han reportado como hospedantes de IYSV en México y zonas fuera del país (Cuadro 2).

Epidemiología y manejo de IYSV. El IYSV al igual que el resto de los virus del mismo género necesitan la interacción de factores básicos para causar una epidemia: el vector, el hospedante, hospedante alternativo y el virus (Ullman *et al.*, 2002). Aunado a ello, las condiciones ambientales pueden condicionar la epidemia en un área determinada (German *et al.*, 1992). Estos virus tienen la capacidad de utilizar al insecto vector para infectar nuevos hospedantes, ampliando su adaptabilidad al portar el virus; influyendo en su incidencia y distribución bajo diferentes condiciones ambientales y nuevos hospedantes (Jones, 2005).

La severidad del IYSV en el cultivo de cebolla es complejo y dependerá de la población de trips sanos e infectivos y del número de plantas sanas e infectadas, así

como de plantas asintomáticas. Una vez que la planta está infectada por el virus, no existe un tratamiento para su control; no obstante, estas plantas sirven como fuente de alimentación de trips sanos, y éstos infectar a plantas sanas. Adicionalmente, la densidad poblacional en campo tanto de trips como de plantas hospederas del IYSV, dependen de factores ambientales bióticos y abióticos, así como del manejo agronómico que se realice (Figura 4). Se ha observado que el impacto del IYSV en el cultivo depende de la etapa fenológica en que aparecen los primeros síntomas, si aparecen los síntomas cuando los bulbos están aún en desarrollo, el tamaño y calidad del bulbo se verá afectado (Drost *et al.*, 2019).

Por otro lado, la presencia de *T. tabaci* en cultivos hortícolas es un tema fitosanitario de importancia en México (Palomo *et al.*, 2015), por ser vectores de virus y, por el daño directo que generan al alimentarse del hospedante ocasionando marchitez prematura, retardo del desarrollo de la hoja y distorsión de los brotes vegetativos (Aguilar *et al.*, 2017). Tanto los estados inmaduros como adultos perforan las células con su aparato bucal y succionan la savia (Jones, 2005). De los seis estados de vida del insecto (huevo, dos instares larvales, prepupa, pupa y adulto) (Jones, 2005; Pourian *et al.*, 2009), las larvas del primer y segundo instar pueden adquirir el virus en la alimentación, pero solo la larva de segundo instar y los adultos lo transmiten (Sastry, 2013; Hull, 2001; Chatzivassiliou *et al.*, 2002). Si el insecto adquiere el virus en etapa adulta, no lo podrá transmitir (Jones, 2005; Whitfield *et al.*, 2005). Es inminente que una vez que el insecto adquiere el virus, éste se reproducirá y se moverá eficientemente por el intestino medio y glándulas salivales de los trips, sin afectar el desarrollo, fecundidad y mortalidad del insecto ante la infección del virus (Inoue *et al.*, 2010). Este insecto es prolifero, registrando hasta seis generaciones en el ciclo de cultivo sin verse afectado por las lluvias (Palomo *et al.*, 2015).

Los hospederos alternos son imprescindibles en la epidemiología del IYSV, sobre todo si *T. tabaci* completa su desarrollo en los hospederos (Hsu *et al.*, 2011). Por lo anterior, el manejo de los hospederos alternos son determinantes para el manejo integral de la enfermedad (Schwartz *et al.*, 2014; Wisler y Norris, 2005). Esto aumenta el interés en estudios sobre el insecto-IYSV-*Allium cepa*-hospedantes alternos (arvenses), ya que estas interacciones tienden ser complejas. Rodríguez *et al.* (2007) enfatizan, la pertinencia de conocer ampliamente esta relación para optimizar un manejo integrado. Dichas interacciones pueden afectar en el surgimiento de nuevas variantes del virus, gama de hospedantes y/o frecuencia de transmisión (Syller, 2012). Así mismo, la capacidad que tienen los trips para desarrollarse en otras plantas favorece este tipo de interacción, ya que la ausencia del principal hospedante incentiva la migración a otras partes vegetativas o inflorescencias de otras plantas (Milne y Walter, 1998).

En general, todas las estrategias de manejo del IYSV se han enfocado básicamente a actividades preventivas que reduzcan poblaciones de *T. tabaci* y evitar el

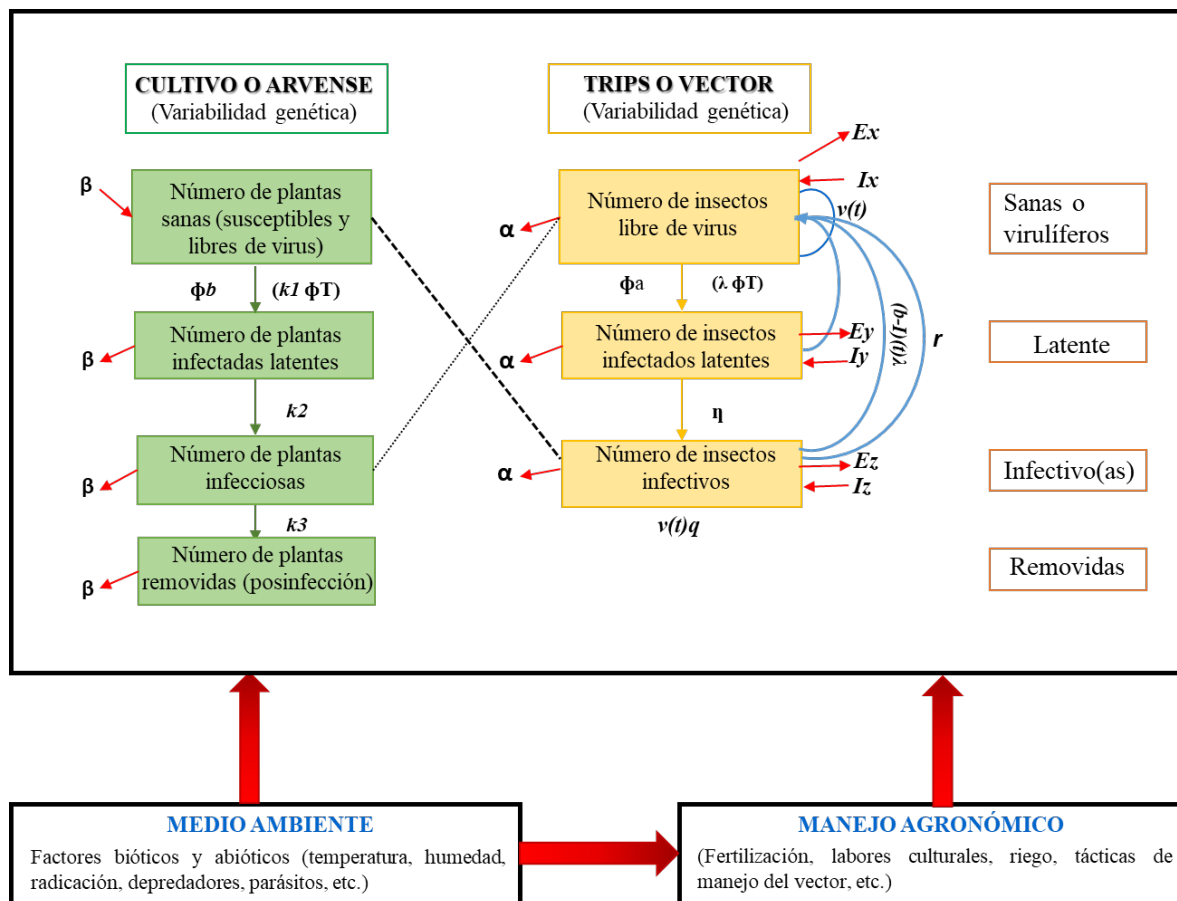


Figura 4 Sistema epidemiológico de un patosistema viral encauzado a *Iris yellow spot orthotospovirus* (basado y modificado de Madden *et al.*, 2000). Acotaciones utilizadas: $v(t)$ = Tasa de fecundidad total de la población del insecto por día dentro del cultivo. I = Tiempo de incubación del virus dentro del vector. q = Probabilidad de que la descendencia del vector sea virulífera. β = Tasa de mortalidad de plantas y recuperación (resiembr). α = Tasa de mortalidad y natalidad del insecto. ϕb = (Plantas visitadas por insectos al día) (Probabilidad de que el insecto virulífero inocule al virus en una planta por una visita). $1/k1$ = Tiempo en que el vector inocula la planta. $1/k2$ = Periodo de latencia del virus en la planta. $1/k3$ = Periodo infeccioso del virus en la planta. ϕT = (Plantas visitadas por insectos al día) (Tiempo en que el insecto prueba la planta en una visita). Ex = Tasa de emigración de insectos libres de virus. Ix = Tasa de inmigración de insectos libres de virus. Ey = Tasa de emigración de insectos latentes. Ez = Tasa de emigración de insectos infecciosos. Iy = Tasa de inmigración de insectos latentes. Iz = Tasa de inmigración de insectos infecciosos. $1/\lambda$ = Tiempo de adquisición del vector. ϕa = (Plantas visitadas por insectos al día) (Probabilidad de que un insecto adquiera al virus con una sola visita a la planta infectada). $1/\eta$ = Tiempo en que el virus pasa de latente a infeccioso dentro del vector (periodo de latencia). Para mayor información consultar a Madden *et al.* (2000).

crecimiento de arvenses en el cultivo (Drost *et al.*, 2019). La determinación de los patrones del vector y hospedantes alternos del virus y/o vector podrían ayudar a los productores a plantear estrategias de manejo integrado en el cultivo (Birithia *et al.*, 2018).

Sin embargo, no solo se debe considerar controlar químicamente al vector; sino, se debe hacer más investigaciones para entender su comportamiento en el país. En Zacatecas se ha analizado de acuerdo sus necesidades, estudiar el comportamiento del virus, donde se observó la presencia del IYSV en plántulas de cebolla en almacigos a campo abierto, imposibilitando la presencia del vector (Velásquez-Valle *et al.*, 2017). Este tipo de problemas, conlleva a pensar que la comercialización de plántulas de cebolla entre los estados productores de cebolla, acrecienta la posibilidad del movimiento del virus y vector. Ante la imposibilidad de una comercialización exitosa de su producto, los productores de cebolla optan por abandonar sus parcelas, con riesgo al incremento del virus y poblaciones de trips (Velásquez-Valle *et al.*, 2013). Muchos casos el manejo ha sido fundamental para minimizar los riesgos de infección del virus o al menos evitar daños severos al cultivo. Para Turina *et al.* (2016) señalan que ante la dificultad de combatir los vectores de trips con los insecticidas, la mejor manera de mitigar o prevenir las enfermedades inducidas por los *Orthospovirus* implica una estrategia de semillas con resistencia al virus. En México, se ha hecho estudios en 20 variedades en torno a su rendimiento ante la infección del virus en Morelos. Estos resultados revelaron que las variedades “Blanca Morelos”, “Doña Blanca F1”, “Línea INIFAP 19” y “Chona” tienen rendimientos superiores al resto de las variedades ante la presencia de IYSV (Magos, 2011).

CONCLUSIONES

Se debe considerar un manejo integral donde se considere todos los factores que influyen en la epidemia de IYSV con el fin de contrarrestar la enfermedad. Desde el primer reporte en el país (2010) en el cultivo de cebolla fue un tema de preocupación; no obstante, a través del tiempo su severidad fue mermando. Caso similar pasó con *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV), el cual se reportó con daños severos en jitomate y chile en 2018 (Cambrón-Crisantos *et al.*, 2019); pero en la actualidad se ha reportado síntomas atenuados y presencia de haplotipos que puede estar influyendo en la intensidad sintomatológica en plantas de jitomate y chile (Ávila-Alistac *et al.*, 2024). En ToBRFV se han hecho estudios de diagnóstico temprana, preciso y eficiente (Zamora-Macorra *et al.*, 2023), así como estudios en variabilidad del virus en diferentes variedades de jitomate y chile (Ávila-Alistac *et al.*, 2024) y alternativas de manejo del virus (Ramos-Villanueva *et al.*, 2023). Sin embargo, se conoce poco sobre su rango de hospedantes y factores que influyen

en la epidemiología del virus. En IYSV, se tiene un mayor conocimiento de sus hospedantes y vector; no obstante, es importante indagar con mayor interés este problema de índole nacional, ya que se ha reportado en solanáceas, mismas que son de valor económico en el país. Así mismo, considerar la reemergencia del virus, de acuerdo al manejo del cultivo, recombinación genética entre especies del mismo género e incluso la influencia del cambio climático que incide en las dinámicas poblacionales de *T. tabaci*.

En la actualidad, la información sobre las arvenses como hospederos de IYSV y el vector, proporciona mayor comprensión de la enfermedad, al igual que las plantas voluntarias de cebolla. Por ello, es importante conocer estos aspectos, así como el manejo que realizan los productores, ya que es otro factor primordial para el establecimiento del vector e IYSV en las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Evidentemente, existe una relación compleja entre el IYSV- *T. tabaci* -*Allium cepa*-arvenses y otros *Orthotospovirus* que transmite *T. tabaci*; p.e., es pertinente estudiar las arvenses como trampa vegetal, por la preferencia alimenticia de *T. tabaci* aun en presencia del cultivo; adicionalmente, se debe considerar que estas arvenses no sean hospederas del virus, ya que serían un problema al ser hospederos del vector y el virus. En suma, el conocimiento del virus, hospedantes alternos y vector en el país, permitirá encausar las investigaciones futuras para ayudar al productor a contrarrestar este problema y minimizar las pérdidas causadas por el virus en el cultivo de cebolla y ajo principalmente.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al CONAHCyT por la beca posdoctoral. Al equipo LANREF-CP.

LITERATURA CITADA

- Adams, MJ, Lefkowitz, EJ, King AMQ, Harrach B, Harrison RL, Knowles NJ, Kropinski AM, Krupovic M, Kuhn JH, Mushegian AR, Nibert M, Sabanadzovic S, Sanfacon H, Siddell SG, Simmonds P, Varsani A, Murilo ZF, Gorbalenya AE and Davison AJ. 2017. Changes to taxonomy and the International Code of Virus Classification and Nomenclature ratified by the International Committee on Taxonomy of Viruses. *Virology Division News* 162:2505-2538. <http://dx.doi.org/10.1007/s00705-017-3358-5>
- Aguilar CC, González RA, Pérez RA, Ramírez RSG y Carapia RVE. 2017. Combate químico de *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) en el cultivo de cebolla en Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* 33(1): 39-44. <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v33n1/0065-1737-azm-33-01-00039.pdf>
- Alford DV. 1999. *A textbook of Agricultural entomology*. Cambridge, UK. Pp. 29-92.
- Ávila-Alistac N, Mora-Aguilera G, Lozoya-Saldaña H, Zamora-Macorra EJ and Hernández-Juárez C. 2024. Genetic variability of two Mexican *Tomato brown rugose fruit virus* isolates and expression of symptoms in tomato and pepper. *Mexican Journal of Phytopathology* 42(2):16 <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2311-2>
- Ávila-Alistac N, Ramírez-Rojas S, Lozoya-Saldaña H, Rebollar-Alviter A y Guzmán-Plazola RA 2017. Hospedantes alternos de *Iris yellow spot virus* y trips en cultivos de cebolla de Morelos y Michoacán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 35: 242-262. <http://dx.doi.org/10.18781/r.mex.fit.1701-1>

- Bag S, Druffel KL and Pappu HR. 2010. Structure and genome organization of the large RNA of *Iris yellow spot virus* (genus *Tospovirus*, family Bunyaviridae). Archives of Virology 155 (2): 275-279. <http://dx.doi.org/10.1007/s00705-009-0568-5>
- Bag S, Druffel KL, Salewsky T and Pappu HR. 2009. Nucleotide sequence and genome organization of the medium RNA of *Iris yellow spot virus* from the United States. Archives of Virology 154(4): 715-718. <http://dx.doi.org/10.1007/s00705-009-0349-1>
- Bag S, Mitter N, Eid S and Pappu HR. 2012a. Complementation between two Tospoviruses facilitates the systemic movements of plant virus silencing suppressor in an otherwise restrictive host. PLoS ONE 7(10): e44803. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0044803>
- Bag S, Schwartz HF, Cramer CS, Havey MJ and Pappu HR. 2015. *Iris yellow spot virus* (*Tospovirus*: Bunyaviridae): from obscurity to research priority. Molecular Plant Pathology 224-237. <http://dx.doi.org/10.1111/mpp.12177>
- Bag S, Schwartz HF and Pappu HR. 2012b. Identification and characterization of biologically distinct isolates of *Iris yellow spot virus* (genus *Tospovirus*, family Bunyaviridae), a serious pathogen of onion. European Journal of Plant Pathology 134 (1): 97-104. <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-012-0026-1>
- Birithia RK, Subramanian S, Muthomi JW and Narla RD. 2018. Seasonal dynamics and alternate hosts of thrips transmitted *Iris yellow spot virus* in Kenya. African Crop Science Journal 26(3): 365-376. <http://dx.doi.org/10.4314/acsj.v26i3.3>
- Brewster J. L. 2008. Onion and other vegetable *Allium*. 2nd edition. Series Crop Protection science in horticulture: 15. CAB International. 204 p.
- CABI, 2015. *Iris yellow spot virus*. Crop Protection Compendium. <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/6188>.
- Cortés I, Derks A, Pereira AM, Goldbach R, Peters D and Kormelink R. 1997. *Iris yellow spot virus* (IYSV) S RNA. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/NC_029800.1
- Cortés I, Livieratos IC, Derks A, Peters D and Kormelink R. 1998. Molecular and serological characterization of *Iris yellow spot virus*, a new and distinct *Tospovirus* species. Phytopathology 88(12): 1276-1282. <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO.1998.88.12.1276>
- Cosmi T, Marchesini E, and Martini G. 2003. Presence and spread of *Tospovirus* and thrips vectors in Veneto. Infomatore Agrario 59:69-72. <https://www.cabi.org/ISC/abstract/20033086912>
- Chatzivassiliou EK, Peters D and Katis NI. 2002. The efficiency by which *Thrips tabaci* populations transmit *Tomato spotted wilt virus* depends on their host preference and reproductive strategy. Phytopathology 92(6): 603-609. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2002.92.6.603>
- Cambrón-Crisantos JM, Rodríguez-Mendoza J, Valencia-Luna JB, Alcasio-Rangel S, García-Ávila CJ, López-Buenfil JA and Ochoa-Martínez DL. 2019. First report of *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV) in Michoacan, Mexico. Revista Mexicana de Fitopatología 37(1): 185-192. [10.18781/R.MEX.FIT.1810-5](https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1810-5)
- Diaz-Montano J, Fuchs M, Nault BA, Fail J and Shelton AM. 2011. Onion Thrips (Thysanoptera: Thripidae): A Global Pest of Increasing Concern in Onion. Journal of Economic Entomology 104 (1): 1-13. <http://dx.doi.org/10.1603/EC10269>.
- Doederlein TA and Sites RW. 1993. Host plant preferences of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) for onions and associated weeds on the Southern High Plains. Journal of Economic Entomology 86(6): 1706-1713. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/86.6.1706>
- Drost D, Cannon C, Murray M, Alston D. 2019. Utah vegetable production and pest management guide. Chapter 7 Onion production. pp 91-113. EXTENSION. Utha State University.
- Evans CK, Bag S, Frank E, Reeve J, Ransom C, Drost D and Pappu HR. 2009a. Natural infection of *Iris yellow spot virus* in two scale saltbush (*Atriplex micrantha*) growing in Utah. Plant disease 93(4): 430. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-93-4-0430C>
- Evans CK, Bag S, Frank E, Reeve J, Ransom C, Drost D and Pappu HR. 2009b. Green foxtail (*Setaria viridis*), a naturally infected grass host of *Iris yellow spot virus* in Utah. Plant Disease 93 (6): 670. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-93-6-0670C>
- García-Rodríguez OG, Pérez-Moreno L, Navarro-León MJ, Salas-Araiza MD, Martínez-Jaime OA, León-Galván MF y Núñez-Palenius HG. 2014. Virus fitopatógenos en insectos asociados al ajo. Revista Chapingo Serie Horticultura 20(2): 147-156. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.10.057>.
- Félix-Gastélum R, Herrera- Rodríguez G, Leyva-Madrigal KY and Mora-Romero GA. 2023. Weeds and ruderal plants as potential sources of inoculum for vegetable diseases in northern Sinaloa. Mexican Journal of Phytopathology 41(4): 5. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2023-4>

- Gent DH, du Toit LJ, Fichtner SF, Mohan SK, Pappu HR and Schwartz HF. 2006. *Iris yellow spot virus*: An emerging threat to onion bulb and seed production. *Plant Disease* 90 (12): 1468-1480. <http://dx.doi.org/10.1094/PD-90-1468>.
- Gent DH, Schwartz HF, and Khosla R. 2004. Distribution and incidence of *Iris yellow spot virus* in Colorado and its relation to onion plant population and yield. *Plant Disease* 88: 446-452. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.5.446>.
- German TL, Ullman DE and Moyer JW. 1992. Tospoviruses: diagnosis, molecular biology, phylogeny and vector relationships. *Annual review of Phytopathology* 30: 315-348. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.py.30.090192.001531>
- González-Pacheco BE, Silva-Rosales L. 2013. First Report of *Impatiens necrotic spot virus* in Mexico in Tomatillo and Pepper Plants. *Plant Disease* 97 (8): 1124. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-13-0092-PDN>.
- Ghotbi T, Shahraeen N and Winter S. 2005. Occurrence of Tospoviruses in ornamental and weed species in Markazi and Tehran provinces in Iran. *Plant Disease* 89: 425-429. <http://dx.doi.org/10.1094/PD-89-0425>
- Granval de Millán N y Gracia O. 1999. El género *Tospovirus* y su importancia en la horticultura. *Avances en Horticultura* 4(1): 1-23.
- Holguín-Peña RJ and Rueda-Puente EO. 2007. Detection of *Tomato spotted wilt virus* in Tomato in the Baja California Peninsula of Mexico. *Plant Disease* 91(12): 1682. <https://doi.org/10.1094/PDIS-91-12-1682B>
- Hull, R. 2001. Transmission 1: By invertebrates, nematodes and fungi. In Hull R. 2001. *Matthews' Plant virology*. 4th Ed. Pp. 485-531.
- Hsu CL, Hoeping CA, Fuchs M, Smith EA and Nault BA. 2011. Sources of *Iris yellow spot virus* in New York. *Plant Disease* 95: 735-743. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-05-10-0353>
- Ifikhar, R, Ramesh SV, Bag S, Ashfaq M and Pappu HR. 2014. Global analysis of population structure, spacial and temporal dynamics of genetic diversity, and evolutionary lineages of *Iris yellow spot virus* (Tospovirus: Bunyaviridae). *Gene* 547:111-118. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gene.2014.06.036>
- Inoue T, Murai T and Natsuaki T. 2010. An effective system for detecting *Iris yellow spot virus* transmission by *Thrips tabaci*. *Plant Pathology* 59: 422-428. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02224.x>
- Jenser G, Almási A, Fail J and Tobiás I. 2011. Differences in the vector efficiency of *Thrips tabaci* in Europe and North America. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 46(2): 311-317. <http://dx.doi.org/10.1556/APhyt.46.2011.2.15>
- Jones DR. 2005. Plant viruses transmitted by thrips. *European Journal of Plant Pathology*. 113: 119-157. <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-005-2334-1>.
- Karavina C and Gubba A. 2017. *Amaranthus* sp. and *Eleusine indica* are natural host of *Iris yellow spot virus* in Zimbabwe. *Plant Disease* 101(1): 262. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-05-16-0652-PDN>
- Kritzman A, Lampel M, Raccach B and Gera A. 2001. Distribution and transmission of *Iris yellow spot virus*. *Plant Disease* 85:838-842. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.2001.85.8.838>
- Kritzman A, Beckelman H, Alexandrov S, Cohen J, Lampel M, Zeidan M, Raccach B and Gera A. 2000. Lisianthus leaf necrosis: a new disease of *Lisianthus* caused by *Iris yellow spot virus*. *Plant Disease* 84: 1185-1189. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.11.1185>
- Madden LV, Jeger MJ and van den Bosch F. 2000. A theoretical assessment of the effects of vector-virus transmission mechanism on plant virus disease epidemics. *Phytopathology* 90:576-594.
- Magos GK. 2011. Trips y virus asociados a cebolla (*Allium cepa* L.), su efecto en el rendimiento en Atlacholoaya, Morelos. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 67 p.
- Milne M and Walter GH. 1998. Host species and plant parte specificity of the polyphagous onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), in an Australian cotton-growing area. *Australian Journal of Entomology* 37: 115-119. <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.1998.000017.x>
- Morales-Díaz MV, Alcacio-Rangel S y la Torre-Almaraz R. 2008. *Tomato spotted wilt virus*: agente causal de la marchitez del miguelito (*Zinnia elegans* Jacquin) en el estado de Morelos, México. *Agrociencia* 42:335-347. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v42n3/v42n3a8.pdf>
- Mumford, RA, Glover R, Daly M, Nixon T, Harju V and Skelton A. 2008. *Iris yellow spot virus* (IYSV) infecting lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) in the UK: first finding and detection by real-time PCR. *Plant Pathology* 57: 768. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.2008.01856.x>

- Nischwitz C, Gitaitis RD, Mullis SW, Csinos AS, Langston DB, and Sparks AN. 2007. First report of *Iris yellow spot virus* in spiny sowthistle (*Sonchus asper*) in the United States. *Plant Disease* 91:1518. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-91-11-1518C>
- Ornelas-Ocampo K, Ochoa-Martínez DL, Aranda-Ocampo S, Ramírez-Rojas S, García-Ruíz H. 2018. Variability and symptoms caused by *Iris yellow spot virus* in *Nicotiana benthamiana*. *Revista Mexicana de Fitopatología* 36(1): 131-140. <http://dx.doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1707-2>
- Palomo T LA, Martínez B N, Johansen-Naime R, Napoles RJ, Leon Segura O, et al. 2015. Population Fluctuations of Thrips (Thysanoptera) and Their Relationship to the Phenology of Vegetable Crops in the Central Region of Mexico. *Florida Entomologist* 98(2):430-438. <https://doi.org/10.1653/024.098.0206>
- Pérez-Moreno L, Rico-Jaramillo E, Sánchez-Palé JR, Ascencio-Ibáñez JT, Díaz-Plaza R y Rivera-Bustamante RF. 2004. Identificación de virus fitopatógenos en cultivos hortícolas de importancia económica en el estado de Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22: 187-197. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61222205.pdf>
- Pérez-Moreno L, Navarro-León MJ, Ramírez-Malagón R y Mendoza-Calderón B. 2010. Impacto e identificación de virus fitopatógenos sobre rendimiento y calidad del ajo (*Allium sativum* L), en el estado de Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 28(2): 97-110. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v28n2/v28n2a3.pdf>
- Pourian HR, Mirab-balou M, Alizadeh M and Orosz S. 2009. Study on biology of onions thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber (Var. Sultan) in laboratory conditions. *Journal of Plant Protection Research* 49(4): 390-394. <http://dx.doi.org/10.2478/v10045-009-0061-x>.
- Rafizadeh N, Jafarpour B and Falahati RM. 2013. Detection of *Iris yellow spot virus* (IYSV) in onion and some of ornamental plants by ELISA and RT-PCR methods in Khorasan Razavi Provinces. *Journal of Plant Protection (Agricultura Science and Technology)* 27 (2): 149-158. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=334170>
- Ramírez-Rojas S, Ornelas-Ocampo K, Osuna- Canizalez FJ, Bartolo-Reyes JC, Varela-Loza V, Hernández-Romano J y Ochoa-Martínez DL. 2016. Detection of *Iris yellow spot virus* in onion plants from Tepalcingo, Morelos state, Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología* 34: 308-315. <http://dx.doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1604-1>
- Ríos-Domínguez G Salgado-Siclán ML, Aguilar-Ortigoza C y Aquino-Martínez JG 2017. Detección molecular del *Iris yellow spot virus* (IYSV) en el cultivo de tomate de cascara en Malinalco, estado de México. Vol 35. Suplemento 2017. S69. http://rmf.smf.org.mx/suplemento/docs/Volumen352017/VOLUMEN_35_SUPLEMENTO_2017.pdf
- Ríos-Domínguez, G, Salgado-Siclán ML, Aguilar-Ortigoza C y Aquino-Martínez JG. 2018. Caracterización molecular del género *Orthospovirus* y su vector en solanáceas en el sur del estado de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. Suplemento 36:S106. <http://rmf.smf.org.mx/suplemento/docs/Volumen362018/S362018.pdf>
- Sampangi RK and Mohan SK. 2007. Identification of new alternative weed hosts for *Iris yellow spot virus* in the Pacific Northwest. *Pant Disease*. 91(12): 1683. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-91-12-1683B>
- Schoonhoven LM, van Loon JJA and Dicke M. 2005. *Insect-Plant biology*. 2nd edition. Oxford University. New York, NY. Pp: 1-24.
- Schwartz HF, Gent DH, Fichtner SM, Otto K, Boateng CO, Szostek S, Cranshaw WS and Mahaffey LA. 2014. *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) and *Iris yellow spot virus* associated with onion transplants, onion volunteers, and weeds in Colorado. *Southwestern Entomologist* 39(4): 691-704. <https://doi.org/10.3958/059.039.0401>
- SIAP, 2023. Panorama agroalimentario 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Edición 2023. 215 p. <https://online.pubhtml5.com/vqdk/rvdl/>
- Smith EA, Ditommaso A, Fuchs M, Shelton AM and Nault BA. 2011. Weed hosts for onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) and their potential role in the epidemiology of *Iris yellow spot virus* in an onion ecosystem. *Environmental Entomology* 40(2): 194-203. <https://doi.org/10.1603/EN10246>
- Smith EA, DiTommaso A, Fuchs M, Shelton AM and Nault BA. 2012. Abundance of weed hosts as potential sources of onion and potato viruses in western New York. *Crop Protection* 37: 91-96. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2012.02.007>
- Srinivasan R, Sundaraj S, Pappu HR, Diffie S, Riley DG and Gitaitis RD. 2012. Transmission of *Iris yellow spot virus* by *Frankliniella fusca* and *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology* 105(1): 40-47. <http://dx.doi.org/10.1603/EC11094>
- Syller J. 2012. Facilitative and antagonistic interactions between plant viruses in mixed infections. *Molecular Plant Pathology* 13(2): 204-216. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00734.x>.

- Szostek AS and Schwartz HF. 2015. Overwintering sites of *Iris yellow spot virus* and *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) in Colorado. *Southwestern Entomologist* 40(2): 273–290. <http://dx.doi.org/10.3958/059.040.0204>
- Tabassum A, Reitz S, Rogers P and Pappu HR. 2016. First report of *Iris yellow spot virus* infecting green onion (*Allium fistulosum*) in the United States. *Plant Disease* 100(12): 2539. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-16-0599-PDN>
- Tanveer A, Khalid A, Ali HH, Mahajan G and Chauhan BS. 2015. Interference and management of *parthenium*: The world's most important invasive weed. *Crop Protection* 68: 49:59. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.11.005>
- Torre-Almaraz R de la, Téliz-Ortiz D, Cárdenas-Soriano E, Barrón-Rodríguez B, García-Latorre E, Cárdenas-Alonso M, Rivera-Bustamante R y Valverde RA. 1998. Identification of viral complex in tomatillo (*Physalis ixocarpa* B.) in the Central region of Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología* 16(1):1-11. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20013020281>
- Turina M, Kormelink R and Resende RO. 2016. Resistance to Tospoviruses in vegetables crops: epidemiological and molecular aspects. *Annual Rev. Phytopathology* 4(54): 347-371. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-phyto-080615-095843>
- Ullman ED, Meideros R, Campbell RL, Whitfield EA, Sherwood LJ and German LT. 2002. Thrips as vectors of Tospoviruses. In: Plumb T. R. 2002 *Advances in Botanical research, incorporating Advances in Plant pathology* 36: 113-140
- Velásquez-Valle R, Mena-Covarrubias J, Amador-Ramírez MD y Reveles-Hernández M. 2009. El virus de la marchitez manchada del jitomate afectando al chile y jitomate en Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias (INIFAP). Litográfica Central, S.A. de C. V. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 50 p. <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/virusMarchitezjito.pdf>
- Velásquez-Valle R, Mena-Covarrubias J, Reveles-Hernández M, Amador-Ramírez MD y Schwartz HF. 2010. El virus de la mancha amarilla del iris: una nueva amenaza para el ajo y la cebolla en Aguascalientes y Zacatecas. Folleto Técnico No. 21. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. 21 p. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/2669>
- Velásquez-Valle R y Reveles-Hernández M. 2011. Detección del *Iris yellow spot virus* en el cultivo de cebolla en Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(6): 971-978. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2n6/v2n6a13.pdf>
- Velásquez-Valle R, Reveles-Hernández M y Amador-Ramírez MD. 2012. Distribución viral en plantas de cebolla (*Allium cepa* L.) asintomáticas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(7): 1425-1434. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n7/v3n7a11.pdf>
- Velásquez-Valle R, Reveles-Torres LR y Amador-Ramírez MD. 2013. Hortalizas y virosis en Zacatecas: un patosistema complejo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(8): 1267-1277. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n8/v4n8a12.pdf>
- Velásquez-Valle R, Reveles-Torres LR, Salas-Muñoz S, Mauricio-Castillo JA y Reveles-Hernández M. 2017 Detección del virus de la mancha amarilla del iris en almácigos de cebolla en Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(1): 209-214. <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/IYSV.pdf>
- Weilner S and Bedlan G. 2013. Detection of *Iris yellow spot virus* (IYSV) in selected *Allium* species and overwintering hosts in Austrian onion-producing areas. *Journal fur Kulturflanzen* 65(2): 60-67. <https://doi.org/10.5073/JfK.2013.02.3>
- Wisler GC and Norris RF. 2005. Interactions between weeds and cultivated plants as related to management of plant pathogens. *Weed Science* 53(6): 914–917. <https://doi.org/10.1614/WS-04-051R.1>
- Whitfield AE, Ullman DE and German TL. 2005. *Tospovirus*-thrips interactions. *Annual Review of Phytopathology* 43: 459-489. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.040204.140017>
- Zamora-Macorra EJ, Aviña-Padilla K, Rosemarie HW and Ochoa-Martínez DL. 2023. Comparison of molecular protocols to detect *Tomato brown rugose fruit virus* in solanaceae hosts. *Mexican Journal of Phytopathology* 41(4): 2. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2023-5>
- Zuñiga-Romano MC, Ochoa-Martínez DL, Rojas-Martínez RI and Zamora-Macorra EJ. Identification of begomoviruses in tomato and determination of seed transmission in Atlacomulco, Mexico State. *Mexican Journal of Phytopathology* 37(2): 279-286. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1902-2>