









Complejos virales en la interacción *Allium cepa* L.- *Frankliniella occidentalis* P., por DAS-ELISA en Baja California, México

Viral complexes in the *Allium cepa* L.- *Frankliniella
occidentalis* P. interaction by DAS-ELISA in Baja
California, Mexico

Complexos virais na interação *Allium cepa* L.-
Frankliniella occidentalis P. por DAS-ELISA em Baja
California, México

Raúl Enrique Valle-Gough¹, Blanca Yesenia Samaniego-
Gómez^{1*}, Lourdes Cervantes-Díaz¹, Samuel Uriel Samaniego-
Gómez¹, René Garruña-Hernández², Fidel Núñez-Ramírez¹,
Esaú Ruiz-Sánchez² y Ariana Isabel Torres-Bojórquez¹

¹Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Carr. Blvd. Delta s/n Ejido Nuevo León, Valle de Mexicali, Baja California C.P. 21705. Correo electrónico: (RV) raul.valle@uabc.edu.mx, ; (BS) samaniego.blanca@uabc.edu.mx, ; (LC) lourdescervantes@uabc.edu.mx, ; (SS) samaniegos@uabc.edu.mx, ; (FN) fidel.nunez@uabc.edu.mx, ; (AT) torres.ariana@uabc.edu.mx, . ²Instituto Tecnológico de Conkal, Conkal, Yucatán, México. C.P. 97345. Correo electrónico: (RG) renegh10@hotmail.com, ; (ER) esau_ruiz@hotmail.com, .

Resumen

La cebolla (*Allium cepa* L.) es de las principales especies hortícolas producidas en Baja California, México. En este cultivo se han observado síntomas presuntivos de virus que pueden provocar pérdidas en rendimiento y calidad. El objetivo de esta investigación fue detectar virus asociados a cebolla cultivada en zonas de alta producción de Baja California. Se colectaron muestras de material vegetal (síntomáticos y asintomáticos) y de insectos trips en parcelas comerciales. Se utilizaron antisueros comerciales para detectar Iris yellow spot virus (IYSV), Tomato spot wild virus (TSWV), Leek yellow spot virus (LYSV), Onion yellow spot virus (OYDV) y Garlic common latent virus (GarCLV). Siete especies de plantas

Recibido el 21-09-2020 • Aceptado el 09-11-2020

*Autor de correspondencia Correo electrónico: samaniego.blanca@uabc.edu.mx

indicadoras fueron inoculadas mecánicamente con savia de cebollas (sintomáticas y asintomáticas). Los resultados mostraron presencia de IYSV, TSWV, OYDV, LYSV y GarCLV en las cebollas sintomáticas. De las muestras vegetales, el 77 % mostraron incidencia en forma de complejos virales y en 23 % sólo fue detectada la presencia de LYSV. Trips identificados como *Frankliniella occidentalis* P. portaban IYSV, TSWV, LYSV, OYDV y GarCLV en forma de complejos, en La Trinidad y San Quintín. En las plantas indicadoras no se observaron síntomas de virosis. Es evidente que *F. occidentalis* P. es responsable de transmitir los virus analizados en este estudio en cebolla cultivada. No existen reportes previos sobre detección de Orthotospovirus, Potyvirus y Carlavirus en cebolla en Baja California.

Palabras clave: Orthotospovirus, IYSV, LYSV, Trips, TSWV.

Abstract

The onion (*Allium cepa* L.) is one of the main horticultural crops produced in Baja California, Mexico. In this crop, it has been observed presumptive viral symptoms, which are able to cause losses in yield and quality. Therefore, the objective of this study was to detect the associated virus in onion in high producing culture zones in Baja California. Plant material samples (symptomatic and asymptomatic) and trips insects were collected from commercial farming or areas. Commercial anti-serum were used for the detection of Iris yellow spot virus (IYSV), Tomato spot wilt virus (TSWV), Leek yellow spot virus (LYSV), Onion yellow dwarf virus (OYDV) and Garlic common latent virus (GarCLV). Seven indicator plants species were mechanically inoculated with onion sap (symptomatic and asymptomatic). The results showed the presence of IYSV, TSWV, OYDV and GarCLV in symptomatic onion plants. The plant samples showed a 77 % of incidence in the form of viral complexes and in a 23 % only the presence of LYSV was detected. The trips identified as *Frankliniella occidentalis* P. harbored IYSV, TSWV, LYSV, OYDV and GarCLV in the form of complexes in La Trinidad and San Quintin. The indicator plants did not show symptoms of virosis. It is evident that *F. occidentalis* P. is responsible for the transmission of the analyzed viruses in this study in cultured onions. There are not previous reports for the detection of Orthotospovirus, Potyvirus and Carlavirus in Baja California onions.

Keywords: Orthotospovirus, IYSV, LYSV, Trips, TSWV.

Resumo

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma das principais espécies hortícolas produzidas na Baja California, México. Nessa cultura, foram observados sintomas presuntivos de vírus, que podem causar perdas de rendimento e qualidade. O objetivo desta pesquisa foi detectar vírus associados a cebolas cultivadas em áreas de alta produção

da Baja California. Amostras de material vegetal (sintomático e assintomático) e insetos tripses foram coletadas em parcelas comerciais. Os anti-soros comerciais foram usados para detectar Iris yellow spot virus (IYSV), Tomato spot wild virus (TSWV), Leek yellow spot virus (LYSV), Onion yellow spot virus (OYDV) e Garlic common latent virus (GarCLV). Sete espécies de plantas indicadoras foram inoculadas mecanicamente com seiva de cebola (sintomáticas e assintomáticas). Os resultados mostraram a presença de IYSV, TSWV, OYDV, LYSV e GarCLV nas cebolas sintomáticas. Das amostras de plantas, 77 % apresentaram incidência na forma de complexos virais e em 23 % apenas a presença de LYSV foi detectada. Thrips identificados como *Frankliniella occidentalis* P. carregavam IYSV, TSWV, LYSV, OYDV e GarCLV como complexos, em La Trinidad e San Quintín. Nas plantas indicadoras não foram observados sintomas de virose. É evidente que *F. occidentalis* P. é o responsável pela transmissão dos vírus analisados neste estudo em cebola cultivada. Não há relatórios anteriores sobre a detecção de Orthotospovirus, Potyvirus e Carlavirus em cebola na Baja California.

Palavras chave: Orthotospovirus, IYSV, LYSV, Trips, TSWV.

Introducción

Las enfermedades virales ocasionan pérdidas económicas en la producción de diferentes cultivos en México (Pérez *et al.*, 2010; Samaniego *et al.*, 2017). En especies del género *Allium* los virus pueden ocasionar distintas enfermedades (Pérez *et al.*, 2010). La cebolla (*Allium cepa* L.) es un cultivo importante para México debido a su demanda alimenticia, generación de empleos y divisas. Durante 2019 en Baja California (BC) se sembraron 6.300 ha de cebolla, con un rendimiento total de más de 118.599 t (SIAP, 2020). Sin embargo, a pesar de su importancia, en BC no existe información sobre la detección e impacto de agentes virales en el desarrollo y rendimiento de las variedades cultivadas. Desde el 2011 se han venido observando, en plantaciones de distintas variedades de cebolla en BC, síntomas típicos

Introduction

The viral diseases produce economic losses in the production of different crops in Mexico (Pérez *et al.*, 2010; Samaniego *et al.*, 2017). In species of the genus *Allium*, viruses can cause several diseases (Pérez *et al.*, 2010). The onion (*Allium cepa* L.) is an important crop for Mexico, due to its food demand, generation of jobs and foreign exchange. During 2019 in Baja California (BC) 6,300 ha of onion were sown, with a total yield of more than 118,599 t (SIAP, 2020). However, despite its importance, in BC there is no information about the detection and impact of viral agents on the development and yield of cultivated varieties. Since 2011, typical symptoms associated to viruses as, dwarfism, yellow bands and yellow spots on leaves, have been observed in plantations of different varieties of onion in BC, which are related to the

asociados a virus como enanismos, bandeados amarillos y manchas amarillas en hojas, los cuales se relacionan con la reducción del calibre del bulbo. Asimismo, se observó la presencia de trips (*F. occidentalis* P.) e insectos vectores de orthotospovirus en diferentes cultivos de importancia económica mundial (Mound, 2005). Esta sintomatología es similar a la ocasionada por el virus de la mancha amarilla del iris (IYSV; familia: *Tospoviridae*, género: *Orthotospovirus*), que ha causado pérdidas económicas considerables en cebolla en América y Europa (Bag y Pappu, 2009; Bag *et al.*, 2014). Por la importancia alimenticia y económica que representa el cultivo de cebolla, se requiere identificar a los patógenos asociados a enfermedades y generar información para realizar acciones fitosanitarias pertinentes. Al respecto, algunas técnicas como DAS-ELISA han sido exitosas para la detección de agentes causales de enfermedades virales (Hsu *et al.*, 2010; Ávila-Alistac *et al.*, 2017). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue detectar la presencia de los virus que se encuentran tanto en plantas de cebolla, como en los insectos trips asociados al cultivo.

Materiales y métodos

Toma de muestras

El estudio se realizó en tres zonas productoras de cebolla del estado de BC, en su temporada de producción, siendo de diciembre de 2015 a febrero de 2016 en el Valle de Mexicali, y de enero a mayo de 2016 en La Trinidad

reduction of the size of the bulb. Also, the presence of thrips (*F. occidentalis* P.) and orthotospovirus vector insects was observed in different crops of world economic importance (Mound, 2005). This symptomatology is similar to the one caused by the Iris yellow spot virus (IYSV; family: *Tospoviridae*, genus: *Orthotospovirus*), which has produced considerable economic losses in onion in America and Europe (Bag and Pappu, 2009; Bag *et al.*, 2014). Due to the alimentary and economic importance that onion crop represents, is necessary to identify the pathogens associated to diseases and generate information to realize relevant phytosanitary actions. Regarding to the mentioned before, some techniques such as DAS-ELISA have been successful for the detection of causative agents of viral diseases (Hsu *et al.*, 2010; Ávila-Alistac *et al.*, 2017). The objective of this research was to detect the presence of viruses that are found both in onion plants and in the trips insects associated with the crop.

Materials and methods

Sampling

The study was carried out in three onion producing areas of BC State, on onion production season, being December 2015 to February 2016 in the Mexicali Valley, and from January to May 2016 in Trinidad and San Quintín. From 102 onion production units at the state level, 22 units were randomly sampled. Leaves tissue and onion pseudostem with viral symptoms (yellowing, mottling,

y San Quintín. De 102 unidades de producción de cebolla a nivel estatal, se muestrearon aleatoriamente 22 unidades. Se colectaron tejidos de hojas y pseudotallo de cebolla con síntomas virales (amarillamientos, moteados, mosaicos, enanismos, y deformación de hojas) y de plantas asintomáticas, siguiendo la metodología de Velásquez-Valle y Reveles-Hernández (2011). En los mismos sitios donde se colectaron las plantas de cebollas, se colectaron insectos trips en estado adulto con un hisopo y se colocaron en frascos de cristal conteniendo etanol al 70 %, hasta su procesamiento en el Laboratorio de Fitopatología del Instituto de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma de Baja California (ICA-UABC).

Detección de virus por DAS-ELISA

Se utilizaron anticuerpos conjugados a fosfatasa alcalina (Agdia®) para detectar las proteínas de cubierta de IYSV, TSWV, LYSV, OYDV, y GarCLV (Clark y Adams, 1977). Los controles positivos y negativos fueron adquiridos de la misma compañía. La concentración relativa del virus (absorbancia) se obtuvo mediante lectura espectrofotométrica (Bioek Microplatescanning ELx800) con longitud de onda de 405 nm (A_{405}). Se realizó un esquema que incluyó un duplicado para cada muestra, siendo positiva cuando el valor de absorbancia fue dos veces mayor a la media del control negativo (De la Torre *et al.*, 2002; Cervantes y Samaniego, 2012). Para el análisis de los trips, dos adultos fueron colocados por cada tubo de 2,0 ml, se maceraron con 50

mosaic, dwarfism, and leaves deformation) and asymptomatic plants were collected, following the methodology of Velásquez-Valle and Reveles-Hernández (2011). At the same places where the plants of onion were recollected, thrip insects were collected in adult stage with a swab and placed in glass bottles containing 70% ethanol, until their processing in the Phytopathology Laboratory of the Institute of Agricultural Sciences-Autonomous University of Baja California (ICA-UABC).

Virus detection by DAS-ELISA

Alkaline phosphatase-conjugated antibodies (Agdia®) were used to detect the coat proteins of IYSV, TSWV, LYSV, OYDV, and GarCLV (Clark and Adams, 1977). The positive and negative controls were acquired by the same company. The relative virus concentration (absorbance) was obtained by spectrophotometric reading (Bioek Microplatescanning ELx800) with a wavelength of 405 nm (A_{405}). A diagram that included one duplicate for each sample was done, being positive when the absorbance value was twice higher than the mean of the negative control (De la Torre *et al.*, 2002; Cervantes and Samaniego, 2012). For the trips analysis, two adults were placed for each 2.0 ml tube, macerated with 50 μ L of extraction buffer (0.3 g of egg albumin, 0.195 g of anhydrous sodium sulfite, 3.0 g of polyvinylpyrrolidone, 0.03 g of anhydrous sodium azide, 3 mL of polyethylene sorbitan monolaurate, 1X PBSt wash buffer, pH = 7.4), and absorbance was evaluated to determine negative or positive samples

μ L de amortiguador de extracción (0,3 g de albúmina de huevo, 0,195 g de sulfito de sodio anhidro, 3,0 g de polivinilpirrolidona, 0,03 g de ázida de sodio anhidro, 3 mL de monolaurato de polietilenosorbitán, Amortiguador de lavado PBSt 1X, pH=7,4), y se evaluó la absorbancia para determinar muestras negativas o positivas a los virus estudiados (Srinivasan *et al.*, 2012; Bag *et al.*, 2014).

Plantas indicadoras

Las pruebas de transmisión se realizaron por duplicado, en el invernadero de Fitopatología del ICA-UABC, con semillas libres de virus, donadas por el Dr. Daniel Leobardo Ochoa Martínez (Colegio de Posgraduados, Montecillo, México). Las especies utilizadas fueron: *Nicotiana tabacum*, *N. glutinosa*, *Datura stramonium*, *D. metel*, *Solanum lycopersicum*, *Physalis ixocarpa*, *Chenopodium amaranticolor*, *Nicandra physaloides* y *Cucurbita pepo*. Las plantas fueron inoculadas mecánicamente siguiendo el protocolo descrito por De la Torre *et al.* (2002), mantenidas en invernadero de 25-30 °C y con tres repeticiones por especie, por prueba. Se observaron cada 24 horas durante 21 días después de la inoculación mecánica.

Montaje e identificación de trips

Los trips colectados (50 adultos por sitio de muestreo) fueron montados e identificados con base en sus características morfológicas (Mound y Nakahara, 1993; Johansen y Mojica-Guzmán, 2009). El procesamiento se realizó en el Laboratorio de Fitopatología del ICA-UABC siguiendo el protocolo

for the viruses studied (Srinivasan *et al.*, 2012; Bag *et al.*, 2014).

Indicator plants

The transmission tests were made by duplicate, at the Plant Pathology greenhouse of ICA-UABC, with seeds free of virus, donated by the Dr. Daniel Leobardo Ochoa Martínez (Postgraduate College, Montecillo, Mexico). The species used were: *Nicotiana tabacum*, *N. glutinosa*, *Datura stramonium*, *D. metel*, *Solanum lycopersicum*, *Physalis ixocarpa*, *Chenopodium amaranticolor*, *Nicandra physaloides* and *Cucurbita pepo*. The plants were mechanically inoculated following the protocol described by De la Torre *et al.* (2002), and were maintained in a greenhouse at 25-30 °C, and with three repetitions per specie, per test. They were observed every 24 hours during 21 days after the mechanical inoculation.

Assembly and identification of thrips

The thrips collected (50 adults per place of sampling) were assembled and identified based on their morphological characteristics (Mound and Nakahara, 1993; Johansen and Mojica-Guzmán, 2009). The processing was carried out at the Phytopathology Laboratory of ICA-UABC following the protocol of Johansen and Mojica-Guzmán (2009). Later, with entomological needles the insects placed in a ventral position on a drop of glycerol, with wings, legs and antenna extended, were observed under the optical microscope for their identification according to taxonomic keys (Lacasa and Llorens, 1996; Mound and Nakahara, 1993).

de Johansen y Mojica-Guzmán (2009). Posteriormente, con agujas entomológicas los insectos colocados en posición ventral sobre una gota de glicerol, con alas, patas y antenas extendidas, y cubreobjetos, fueron observados al microscopio óptico para su identificación de acuerdo con claves taxonómicas (Lacasa y Llorens, 1996; Mound y Nakahara, 1993). La confirmación de resultados fue realizada por el Dr. Roberto Miguel Johansen Naime en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Resultados y discusión

La presencia de síntomas virales en hojas se observó en los 22 sitios de colección de muestras en las parcelas de cebolla ubicadas en regiones agrícolas del estado de BC (figura 1). Se obtuvieron en total 44 muestras (dos por sitio), de las cuales 22 fueron de plantas sintomáticas y 22 fueron de plantas asintomáticas. El 55 % del total de muestras colectadas fueron del Valle de la Trinidad, el 36 % del Valle de San Quintín y el 9 % del Valle de Mexicali. Particularmente, en los Valles de la Trinidad y San Quintín se detectó la presencia de los cinco virus analizados (IYSV, TSWV, LYSV, OYDV y GarCLV), en diferentes proporciones, tanto en plantas de cebollas sintomáticas como en insectos trips (figura 1). En contraste, ni en las muestras de plantas asintomáticas, ni en los trips, se detectó la presencia de los virus analizados en este estudio. Sin embargo, en el Valle de Mexicali solamente se detectó la presencia de LYSV, IYSV y TSWV en plantas de cebollas sintomáticas (figura 1).

The confirmation of the results was realized by the Dr. Roberto Miguel Johansen Naime, at the Institute of Biology of the National Autonomous University of Mexico (UNAM).

Results and discussion

The presence of viral symptoms on leaves was observed at the 22 places of samples collection, in onion plots located in agricultural regions of the BC State (figure 1). A total of 44 samples were obtained (two per site), of which 22 were from symptomatic plants and 22 were from asymptomatic plants. The 55 % of the total collected samples were from The Trinidad Valley, the 36 % from the San Quintín Valley and the 9 % from the Mexicali Valley. Particularly, in the Trinidad and San Quintín valleys the presence of five viruses analyzed (IYSV, TSWV, LYSV, OYDV and GarCLV) was detected, in different proportions, both in symptomatic onion plants and in thrips insects (figure 1). In contrast, neither in the samples of asymptomatic plants, nor in the thrips, was detected the presence of the viruses analyzed in this study. However, in the Mexicali Valley the presence of LYSV, IYSV and TSWV was only detected in symptomatic onion plants (figure 1).

It has been pointed out that the presence of viruses in onion and garlic crops may vary, even in nearby agricultural regions (Pérez *et al.*, 2010; Velásquez-Valle and Reveles-Hernández, 2011; Ávila-Alistac *et al.*, 2017). This phenomenon can occur due to diversity and frequency

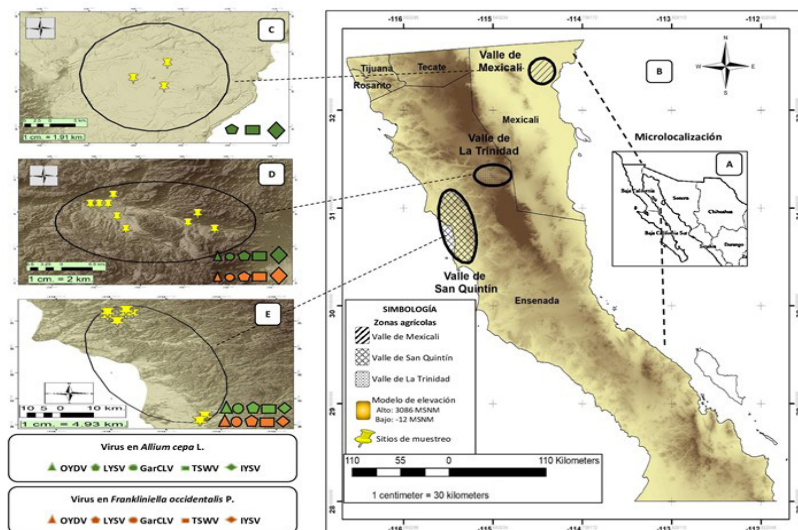


Figura 1. Presencia de virus fitopatógenos en cebollas y trips en Baja California, México. A) Noroeste de México; B) Regiones agrícolas en Baja California; C) Valle de Mexicali; D) Valle de la Trinidad; E) Valle de San Quintín; IYSV: Virus de la mancha amarilla del iris; TSWV: Virus de la marchitez manchada del tomate; LYSV: Virus del rayado amarillo del puerro; OYDV: Virus del enanismo amarillo de la cebolla, y GarCLV: Virus latente común del ajo.

Figure 1. Presence of phytopathogenic viruses in onions and thrips, in Baja California, Mexico. A) Northwest of Mexico; B) Agricultural regions in Baja California; C) Mexicali Valley; D) Trinidad Valley; E) San Quintín Valley; IYSV: Iris yellow spot virus; TSWV: Tomato spotted wilt virus; LYSV.

Se ha señalado que la presencia de virus en cultivos de cebolla y ajo puede variar, incluso entre regiones agrícolas cercanas (Pérez *et al.*, 2010; Velásquez-Valle y Reveles-Hernández, 2011; Ávila-Alistac *et al.*, 2017). Dicho fenómeno puede ocurrir debido a la diversidad y frecuencia de arvenses, presencia y fluctuaciones en las poblaciones de insectos vectores,

of weeds, presence and fluctuations in vector insect populations, and genetic material used to propagate the crop (Velásquez-Valle and Reveles-Hernández, 2011; Ávila-Alistac *et al.*, 2017). In BC, the onion crop is realized in monoculture in the regions of Trinidad and San Quintín Valleys, with open-air sowing and subsequent transplantation; while in the Mexicali

y material genético usado para propagar el cultivo (Velásquez-Valle y Reveles-Hernández, 2011; Ávila-Alistac *et al.*, 2017). En BC, el cultivo de cebolla se realiza en monocultivo en las regiones de los Valles de la Trinidad y San Quintín con siembra en almácigo a cielo abierto y posterior trasplante; mientras que en el Valle de Mexicali su siembra se realiza de manera directa. Es notorio que en el Valle de Mexicali la incidencia viral en plantas es menor, comparada con las otras regiones agrícolas de BC, aunado a ello, no se detectaron los virus analizados en adultos de trips. Posiblemente, el manejo del cultivo implementado por los productores en esa región agrícola, disminuye los riesgos de reservorios virales que pudieran infectar los cultivos. Aunado a ello, la carga viral presente en trips y detectable por DAS-ELISA pudo ser insuficiente, como lo reportado en otros estudios (Ávila-Alistac *et al.*, 2017). Los síntomas observados en los cultivos de cebolla fueron amarillamientos y lesiones cloróticas en hojas (figura 2A), en forma redonda o alargada (rombos o husos) con centros verdes rodeadas por halos necróticos, que en ocasiones adquieren tonos blancos o amarillo pálido, mosaicos, deformación de hojas y bulbos con tamaños reducidos (figura 2B, 2C y 2D). En las zonas donde se observaron estos síntomas, se presentaron reducciones en el calibre del bulbo.

Para disminuir la sintomatología en cebolla cultivada, los productores implementan medidas de control, como rotación de cultivos y eliminación del material vegetal afectado. Estas

Valley its sowing is done directly. It is notorious, that in the Mexicali Valley the viral incidence in plants is lower, compared to the other agricultural regions of BC, in addition, the viruses analyzed were not detected in adult thrips. Possibly, the management of the implemented crop by the producers in that agricultural region decreases the risks of viral reservoirs that could infect crops. In addition to this, the viral load present in thrips and detectable by DAS-ELISA could be insufficient, as reported in other studies (Ávila-Alistac *et al.*, 2017). The symptoms observed in onion crops were yellowing and chlorotic lesions on leaves (figure 2A), round or elongated (rhombus or spindles) with green centers surrounded by necrotic halos, which sometimes acquire white or pale yellow, mosaic, deformation of leaves and bulbs with reduced sizes (figure 2B, 2C and 2D). In the areas where these symptoms were observed, there were reductions in the size of the bulb.

To decrease symptomatology in cultivated onion, the producers apply control premises, such as crop rotations and removal of affected plant material. These practices coincide with the management for the control of IYSV implemented in other regions of the world, where producers, in addition to crop rotation, establish control programs for weeds and vector insects (Bag *et al.*, 2014; Ávila-Alistac *et al.*, 2017).

The results obtained in this study indicate that the viral incidence occurs in the form of co-infections in 77% of the samples. This result suggests that

prácticas coinciden con el manejo para el control de IYSV implementado en otras regiones del mundo, donde los productores además de la rotación del cultivo, establecen programas de control de arvenses e insectos vectores (Bag *et al.*, 2014; Ávila-Alistac *et al.*, 2017).

is not possible associate a particular symptomatology to a specific viral agent. This phenomenon coincide with the reported by several authors, who detected viral complexes in *A. cepa*, that naturally co-exist, originating the so-called “onion mosaics”, with different species of the *Orthotospovirus*,



Figura 2. Síntomas ocasionados por virus en el cultivo de cebolla. Amarillamientos y lesiones cloróticas en hojas (A y B), en forma redonda o alargada (como rombos o husos) con centros verdes rodeadas por halos necróticos, tonos amarillo pálido, deformación de hojas y bulbos con tamaños reducidos (C y D).

Figure 2. Symptoms caused by viruses in onion crops. Yellowing and chlorotic lesions on leaves (A and B), round or elongated form (such as rhombus or spindles) with green centers surrounded by necrotic halos, pale yellow tones, deformation of leaves and bulbs with reduced sizes (C and D).

Los resultados obtenidos en este estudio indican que la incidencia viral se presenta en forma de coinfecciones en el 77 % de las muestras. Este resultado sugiere que no es posible asociar una sintomatología particular a un agente viral específico. Dicho fenómeno coincide con lo reportado por diversos autores, quienes detectaron en *A. cepa*, complejos virales que coexisten de manera natural, originando los denominados “mosaicos de cebolla” siendo distintas especies de los géneros *Orthotospovirus*, *Potyvirus* y *Carlavirus* las causantes de esta infección (Loebenstein y Lecoq, 2012; Velásquez-Valle *et al.*,

Potyvirus and *Carlavirus* genera causative of this infection (Loebenstein and Lecoq, 2012; Velásquez-Valle *et al.*, 2012). Also, is mentioned that only one virus or one viral complex can cause a similar symptomatology, although, there are differences related to the physiological state of the crop, the virus-cultivar relationship and the environmental temperature (Pérez *et al.*, 2010; Cervantes and Samaniego, 2012). In this study, the most frequent co-infections were: IYSV- TSWV- LYSV-GarCLV (41 %), LYSV-TSWV (17 %) e IYSV- LYSV-TSWV (11 %). The mentioned before, proposes the possibility that

2012). Además, se menciona que un solo virus o un complejo viral pueden ocasionar una sintomatología similar, aun cuando existan diferencias relacionadas con el estado fisiológico del cultivo, la relación virus-cultivar y la temperatura ambiental (Pérez *et al.*, 2010; Cervantes y Samaniego, 2012). En este estudio, las coinfecciones más frecuentes fueron IYSV-TSWV-LYSV-GarCLV (41 %), LYSV-TSWV (17 %) e IYSV-LYSV-TSWV (11 %). Lo anterior plantea la posibilidad de que el manejo del cultivo, los residuos de cosechas y arvenses perennes aledañas puedan promover la formación de complejos virales que interactúan y se replican en las plantas cultivadas. Asimismo, la presencia de LYSV en coinfección y de forma individual fue detectada en el 95 % de las muestras sintomáticas, lo cual sugiere que LYSV es la especie más prevalente en las áreas de producción de cebolla en BC. Diversos estudios mencionan que los potyvirus LYSV y OYDV, y varias especies del género *Allexivirus* (GarV-A, B, C, D y X), son los patógenos virales más extendidos a nivel mundial en los cultivos del género *Allium* (Pérez *et al.*, 2010).

Detección de Orthotospovirus

En las regiones productoras de cebolla, se observaron síntomas que coincidían con la sintomatología asociada a IYSV (figura 1 y 2) y reportada en estudios previos a nivel mundial (Bag *et al.*, 2014). Particularmente, en el Valle de Mexicali, las plantas con síntomas fueron positivas a IYSV y TSWV (cuadro 1). Torres *et al.* (2017), detectaron previamente IYSV y TSWV

the management of the crop, harvest residues, and neighboring perennial weeds can promote the formation of viral complexes that interact and replicate in cultivated plants. Also, the presence of LYSV in coinfection and individual form was detected in 95% of the asymptomatic samples, which suggests LYSV as the most prevalent specie in onion production areas of BC. Different studies mention that LYSV and OYDV potyvirus, and several species of genus *Allexivirus* (GarV-A, B, C, D y X), are the most widespread viral pathogens worldwide in crops of genus *Allium* (Pérez *et al.*, 2010).

Detection of Orthotospovirus

In onion-producing regions, symptoms that coincided with the symptomatology associated with IYSV were observed (figures 1 and 2) and reported in previous studies worldwide (Bag *et al.*, 2014). Particularly, in the Mexicali Valley, the plants with symptoms were positive for IYSV and TSWV (table 1). Torres *et al.* (2017), previously detected IYSV and TSWV in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) in the same agricultural region. Likewise, in the samples obtained from the tours carried out in the Trinidad Valley, the presence of IYSV (25%) and TSWV (58 %) was determined in onion plants evaluated in that area (table 2). Additionally, in the San Quintín Valley IYSV was detected in 88% of plants with symptoms. The above, with the reports of several authors that detected IYSV on onion-producing regions (Bag *et al.*, 2014; Velásquez-Valle and Reveles-Hernández, 2011).

en Chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en la misma región agrícola. Asimismo, en las muestras obtenidas de los recorridos realizados en el Valle de la Trinidad, se determinó la presencia de IYSV (25 %) y TSWV (58 %) en plantas de cebolla evaluadas en esa zona (cuadro 2). Adicionalmente, en el Valle de San Quintín se detectó IYSV en el 88 % de plantas con síntomas. Lo anterior, coincide con los reportes de diversos autores que detectaron IYSV en regiones productoras de cebolla (Bag *et al.*, 2014; Velásquez-Valle y Reveles-Hernández, 2011).

It is important to stand out that, in San Quintin Valley, all the samples evaluated with symptoms were positive for TSWV (table 3), which coincides with Garzón *et al.* (2005), who detected TSWV in plantations of tomato in that agricultural region. Similarly, TSWV was reported in plants of onion in United States and Mexico. Possibly, the sources of inoculum in both regions are the crops where TSWV is endemic, the wide range of hosts present and populations of vector insects (Mullis *et al.*, 2004; Velásquez-Valle *et al.*, 2012).

Cuadro 1. Detección de Orthotospovirus, Potyvirus y Carlavirus en cebolla (*A. cepa* L.) cultivada en Valle de Mexicali, Baja California, México, durante los meses de diciembre de 2015, enero y febrero de 2016.

Table 1. Detection of Orthotospovirus, Potyvirus and Carlavirus in onion (*A. cepa* L.) cultivated in Mexicali Valley, Baja California, Mexico during the months of December 2015, January and February 2016.

Complejos virales	Positivos	Síntomas	Variedad
IYSV-TSWV-LYSV	2/2 ^{&}	A-BTR; A-DH	Cirrus, Cristal
OYDV	0/2	A-BTR; A-DH	Cirrus, Cristal
GarCLV	0/2	A-BTR; A-DH	Cirrus, Cristal

IYSV: Virus de la mancha amarilla del iris; TSWV: Virus de la marchitez manchada del tomate; LYSV: Virus del rayado amarillo del puerro; OYDV: Virus del enanismo amarillo de la cebolla, y GarCLV: Virus latente común del ajo; &: Muestras positivas / Muestras analizadas; A: Amarillamientos; BTR: Bulbo de tamaño reducido; DH: Deformación de hojas.

IYSV: Iris yellow spot virus; TSWV: Tomato spotted wilt virus; LYSV: Leek yellow streak virus; OYDV: Onion yellow dwarf virus, and GarCLV: Garlic Common latent virus; &: Positive samples / Analyzed samples; A: Yellowings; BTR: Bulb reduced in size; DH: Deformation of leaves.

Es importante resaltar que, en el Valle de San Quintín, todas las muestras evaluadas con síntomas fueron positivas a TSWV (cuadro 3), lo cual coincide con Garzón *et al.* (2005),

Detection of Potyvirus

In the Mexicali Valley, the presence of LYSV was detected in all the samples collected with symptoms, the OYDV virus was not detected in

quienes detectaron en plantaciones de tomate en esa región agrícola a TSWV. Similarmente, TSWV fue reportado en plantas de cebolla en Estados Unidos, y en México. Posiblemente, las fuentes de inóculo en ambas regiones son los cultivos donde TSWV es endémico, el amplio rango de hospederos presentes y poblaciones de insectos vectores (Mullis *et al.*, 2004; Velásquez-Valle *et al.*, 2012).

any of the samples analyzed from that region (table 1). In contrast, in the Trinidad Valley the presence of LYSV (92 %) and OYDV (27 %) was detected. It is important to emphasize that in this region the viral incidence was presented in co-infections in 58 % of the samples, and in contrast, in 42 % of the plants analyzed only the presence of LYSV was detected (table 2). In the same way, in the San Quintín

Cuadro 2. Detección de virus en cebolla (*A. cepa* L.) cultivada en el Valle de la Trinidad, Baja California, durante los meses de enero-mayo de 2016.

Table 2. Virus detection in onion (*A. cepa* L.) cultivated in Trinidad Valley, Baja California, during the months of January-May 2016.

Virus	Positivos	Síntomas	Variiedad
IYSV-TSWV-LYSV-OYDV-GarCLV	1/12 ^{&}	A, DH	Toluca
TSWV-LYSV-OYDV-GarCLV	1/12	A, DH	Mont Blanc
IYSV-TSWV-LYSV-GarCLV	1/12	CH, MB	Nube blanca
IYSV-TSWV-OYDV-GarCLV	1/12	MB	Toluca
TSWV-LYSV	3/12	MB, CH	Nube Blanca, Sierra Blanca, Sterling
LYSV	5/12	A, DH	Sierra Blanca, Sterling, Toluca, Mont Blanc, Orizaba

IYSV: Virus de la mancha amarilla del iris; TSWV: Virus de la marchitez manchada del tomate; LYSV: Virus del rayado amarillo del puerro; OYDV: Virus del enanismo amarillo de la cebolla, y GarCLV: Virus latente común del ajo;&: Muestras positivas / Muestras analizadas; A: Amarillamientos; BTR: Bulbo de tamaño reducido; CH: Clorosis en hojas; MB: Mosaico en forma de bandas; DH: Deformación de hoja.

IYSV: Iris yellow spot virus; TSWV: Tomato spotted wilt virus; LYSV: Leek yellow streak virus; OYDV: Onion yellow dwarf virus, and GarCLV: Garlic common latent virus; &: Positive samples / Analyzed samples; A: Yellowings; BTR: Bulb reduced in size; CH: Chlorosis on leaves; MB: Banded mosaic; DH: Leaf deformation.

Detección de Potyvirus

En el Valle de Mexicali, fue detectada la presencia de LYSV en todas las muestras colectadas con síntomas, no detectándose el virus

Valley, LYSV was detected in all the samples analyzed with symptoms. Additionally, the 12.5 % of the plants analyzed from this agricultural region were positive for OYDV (table 3).

OYDV en ninguna de las muestras analizadas de esa región (cuadro 1). En contraste, en el Valle de la Trinidad se detectó la presencia de LYSV (92 %) y OYDV (27 %). Es interesante destacar que en dicha región la incidencia viral se presentó en forma de coinfecciones en el 58 % de las muestras, y en contraste, en el 42 % de las plantas analizadas se detectó sólo la presencia de LYSV (cuadro 2). De la misma manera, en el Valle de San Quintín, se detectó a LYSV en todas las muestras analizadas con síntomas. Adicionalmente, fueron positivas a OYDV el 12,5 % de plantas analizadas procedentes de dicha región agrícola (cuadro 3).

The symptoms observed in BC, were similar to those reported in other regions of the world, where OYDV was identified in onion. In these plantations, the symptoms cause decrease in the length, weight of the plant, bulbs and in the number of leaves (Dovas *et al.*, 2001).

Detection of Carlavirus

Based on the results obtained, none sample collected in the Mexicali Valley was positive for GarCLV (table 1). In contrast, in the Trinidad Valley, it was detected in 33 % of the analyzed samples (table 2). All samples from the San Quintin Valley were positive for GarCLV, making it the region with the highest incidence

Cuadro 3. Detección de complejos virales de Orthotospovirus, Potyvirus y Carlavirus en cebolla (*A. cepa* L.) cultivada en Valle de San Quintín, Baja California, México, durante los meses de enero-mayo de 2016.

Table 3. Detection of Orthotospovirus, Potyvirus and Carlavirus viral complexes in onion (*A. cepa* L.) cultivated in the San Quintin Valley, Baja California, Mexico, during the months of January-May 2016.

Complejos virales	Positivos	Síntomas	Variedad
IYSV-TSWV-LYSV-OYDV-GarCLV	1/8 ^{&}	CH	Toluca
IYSV-TSWV-LYSV-GarCLV	6/8	A, MB, CH-BTR, CH-DH, MB-DH	Sterling, Mont Blanc, Papalote, Nube Blanca, Sierra Blanca
TSWV-LYSV- GarCLV	1/8	MB	Sierra Blanca

IYSV: Virus de la mancha amarilla del iris; TSWV: Virus de la marchitez manchada del tomate; LYSV: Virus del rayado amarillo del puerro; OYDV: Virus del enanismo amarillo de la cebolla, y GarCLV: Virus latente común del ajo; &: Muestras positivas / Muestras analizadas; A: Amarillamientos; BTR: Bulbo de tamaño reducido; CH: Clorosis en hojas; MB: Mosaico en forma de bandas; DH: Deformación de hoja.

IYSV: Iris yellow spot virus; TSWV: Tomato spotted wilt virus; LYSV: Leek yellow streak virus; OYDV: Onion yellow dwarf virus, and GarCLV: Garlic common latent virus; &: Positive samples / Analyzed samples; A: Yellowings; BTR: Bulb reduced in size; CH: Chlorosis on leaves; MB: Banded mosaic; DH: Leaf deformation.

Los síntomas observados en BC, fueron similares a los reportados en

of this virus in the state of BC (table 3). Similarly, Velásquez-Valle *et al.*

otras regiones del mundo donde se identificó OYDV en cebolla. En estas plantaciones, los síntomas ocasionan disminución en la longitud, peso de la planta y bulbos y en el número de hojas (Dovas *et al.*, 2001).

Detección de Carlavirus

Con base en los resultados obtenidos, ninguna muestra colectada en el Valle de Mexicali fue positiva a GarCLV (cuadro 1). En contraste, en el Valle de la Trinidad, se detectó en el 33 % de muestras analizadas (cuadro 2). Todas las muestras procedentes del Valle de San Quintín fueron positivas a GarCLV, por lo cual fue la región con mayor incidencia de este virus en el estado de BC (cuadro 3). Similarmente, Velásquez-Valle *et al.* (2012) detectaron a GarCLV en cebolla en el estado de Zacatecas, México. Algunos autores mencionan que GarCLV puede no inducir síntomas perceptibles en las plantas, pero puede interactuar con uno o dos potyvirus y afectar el rendimiento del cultivo (Lot *et al.*, 1998).

Detección de virus en plantas indicadoras

La inoculación mecánica de savia de plantas de cebolla positivas a los virus IYSV, TSWV, OYDV, LYSV y GarCLV no indujo síntomas en ninguna de las siete especies utilizadas como plantas indicadoras en este estudio. La expresión de síntomas virales en plantas indicadoras está influenciada por el período de incubación, cultivar utilizado, fenología y nivel de estrés en las plantas al momento de la infección, así como las condiciones climáticas (Bag *et al.*, 2012). Posiblemente el título viral de las plantas utilizadas en este estudio para la transmisión mecánica

(2012) detected GarCLV in onion in the state of Zacatecas, México. Some authors mention that GarCLV may not induce noticeable symptoms in plants, but may interact with one or two potyvirus and affect crop yield (Lot *et al.*, 1998).

Virus detection in indicator plants

Mechanical inoculation of sap from onion plants positive for IYSV, TSWV, OYDV, LYSV and GarCLV did not induce symptoms in any of the seven species used as indicator plants in this study. The expression of viral symptoms in indicator plants is influenced by incubation period, cultivar used, phenology and stress level in plants at the time of infection, as well as climatic conditions (Bag *et al.*, 2012). Possibly, the viral title of the plants used in this study for the mechanical transmission was insufficient to cause the development of symptoms. In this sense, IYSV was reported to have a mechanical transmission rate of 30 %, and caused some symptoms on indicator plants, except on *Nicotiana benthamiana* and *Eustoma russellianum* (Bag and Pappu, 2009; Bag *et al.*, 2014; Bag *et al.*, 2015). In the same way, the incubation period of the infection caused by IYSV and the expression of symptoms could be up to 30 days or more (Hsu *et al.*, 2010). Also, Ornelas-Ocampo *et al.* (2018), found a genetic diversity in IYSV isolations, which cause symptoms in *N. benthamiana* but with different severity, due to the differences in environmental conditions. In addition, De la Torre *et al.* (2002) indicate that

fue insuficiente para ocasionar el desarrollo de síntomas. En este sentido, se reportó que IYSV presentó una tasa de transmisión de manera mecánica del 30 %, y ocasionó algunos síntomas en plantas indicadoras, excepto en *Nicotiana benthamiana* y en *Eustoma russellianum* (Bag y Pappu, 2009; Bag *et al.*, 2014; Bag *et al.*, 2015). De la misma manera, el período de incubación de la infección ocasionada por IYSV y la expresión de síntomas podría ser de hasta 30 días o más (Hsu *et al.*, 2010). Además, Ornelas-Ocampo *et al.* (2018), encontraron una diversidad genética en aislamientos de IYSV que ocasionaron síntomas en *N. benthamiana* pero con diferente severidad, debido a diferencias en condiciones ambientales. Aunado a lo anterior, De la Torre *et al.* (2002), indican que cuando se reproducen síntomas por TSWV en plantas indicadoras, estos pueden ser frecuentemente diferentes a los observados en campo.

Detección de virus en trips

Las muestras de ejemplares adultos de trips encontrados durante los recorridos en cultivos de cebolla en los Valles de Mexicali, de la Trinidad y de San Quintín, mostraron la cabeza más ancha que larga, antenas moniliformes formadas por ocho artejos, los dos últimos son pequeños, y con el segmento VIII mucho más largo que el VII y cuatro alas angostas con flecos en sus bordes posteriores (figura 3 A-C). Con base en Lacasa y Llorens (1996) y Mound y Nakahara (1993), se utilizaron los descriptores para el género *Frankliniella* y de acuerdo con los caracteres observados, se describió a la especie *F. occidentalis* P. presente en las muestras de todos los sitios evaluados.

when TSWV symptoms are reproduced in indicator plants, they can often be different from those observed in the field.

Virus detection in thrips

The samples of adult thrips specimens found during the tours in onion crops in the Mexicali, La Trinidad and San Quintín Valleys showed a head wider than long, moniliform antennae formed by eight artifacts, the last two being small, and with segment VIII much longer than segment VII and four narrow wings with bangs on their posterior edges (figure 3 A-C). Based on Lacasa and Llorens (1996) and Mound and Nakahara (1993), the descriptors for the genus *Frankliniella* were used and according to the characters observed, the specie *F. occidentalis* P. present in the samples from all the sites evaluated was described.

The thrip samples collected in the Mexicali Valley resulted negative for the presence of virus evaluated. However, in plants of onion the viruses TSWV, IYSV, and LYSV were detected (table 1 and 4).

In this sense, it is mentioned that TSWV and IYSV are localized viruses, so their distribution on the plant is heterogeneous (De la Torre *et al.*, 2002; Avila-Alistac *et al.*, 2017). Also, *F. occidentalis* P. and *Trips tabaci* Lind have been reported with high efficiencies in their transmission, TSWV and IYSV vectors, respectively (De la Torre *et al.*, 2002; Gent *et al.*, 2006). However, transovarial transmission of TSWV and IYSV does not occur in their vectors, therefore, individuals of each generation must

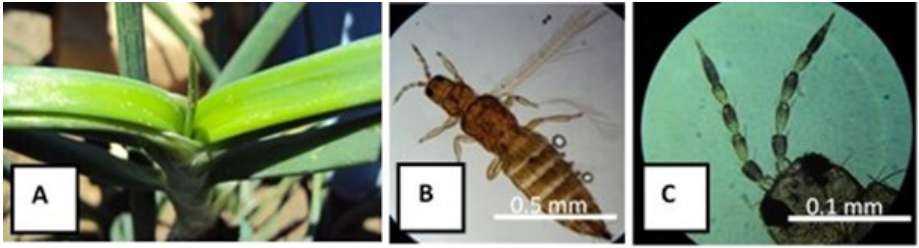


Figura 3. Presencia de insectos trips (*Frankliniella occidentalis* P.) en hojas de cebolla. (A) vista dorsal de adulto de *F. occidentalis* P.; (B) cabeza vista dorsal de adulto de *F. occidentalis* P.; (C) Campo óptico (40x).

Figure 3. Presence of thrip insects (*Frankliniella occidentalis* P.) on onion leaves. (A) adult dorsal view of *F. occidentalis* P.; (B) adult dorsal view head of *F. occidentalis* P.; (C). Optical field (40x).

Las muestras de trips colectadas en el Valle de Mexicali resultaron negativas a la presencia de los virus evaluados. Sin embargo, en las plantas de cebolla se detectaron los virus TSWV, IYSV, y LYSV (cuadro 1 y 4).

En este sentido, se menciona que TSWV e IYSV son virus localizados, por lo que su distribución en la planta es heterogénea (De la Torre *et al.*, 2002; Ávila-Alistac *et al.*, 2017). Además, se han reportado con altas eficiencias en su transmisión, a *F. occidentalis* P. y *Trips tabaci* Lind., vectores de TSWV e IYSV, respectivamente (De la Torre *et al.*, 2002; Gent *et al.*, 2006). Sin embargo, no ocurre transmisión transovárica de TSWV e IYSV en sus vectores, por lo tanto, los individuos de cada generación deben adquirir el virus de una planta infectada para poder transmitirlo (van de Wetering *et al.*, 1996; Ávila-Alistac *et al.*, 2017). *F. occidentalis* P.

acquire the virus from an infected plant in order to transmit it (van de Wetering *et al.*, 1996; Ávila-Alistac *et al.*, 2017). *F. occidentalis* has a greater susceptibility to the acquisition of TSWV during the first instar larval stage; once acquired; the feeding habits of *F. occidentalis* P. are altered, leading to more efficient spread of TSWV (He *et al.*, 2019). Possibly, the individuals sampled in this study, had not fed in immature stages on infected hosts, which made virus detection in adults difficult. Nowadays, there is no evidence of the TSWV and IYSV transmission by seed, but they have been detected in onion plantations (Velásquez-Valle *et al.*, 2012; Ávila-Alistac *et al.*, 2017). It would be interesting to determinate in future studies, if the inoculum sources, could be reservoirs in weeds, or even infected genetic material. Similarly, some studies mention to *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae)

Cuadro 4. Presencia de virus en adultos de *F. occidentalis* P. colectados en plantaciones de cebolla en los Valles de Mexicali, de la Trinidad y San Quintín durante los meses de diciembre de 2015, enero-mayo de 2016.

Table 4. Viruses presence in adults of *F. occidentalis* P collected in onion plantations in the Mexicali, La Trinidad and San Quintín Valleys, during the months of December 2015, January-May 2016.

Región agrícola	Complejo viral	
	TSWV-GarCLV	TSWV-IYSV-OYDV -LYSV-GarCLV
Valle de Mexicali	0/2 ^z	0/2 ^z
V. de la Trinidad	4/12	1/12
V. de San Quintín	7/8	1/8

z: Muestras de trips positivas/ Muestras analizadas; IYSV: Virus de la mancha amarilla del iris; TSWV: Virus de la marchitez manchada del tomate; LYSV: Virus del rayado amarillo del puerro; OYDV: Virus del enanismo amarillo de la cebolla; GarCLV: Virus latente común del ajo.

z: Thrips samples positive/ Analyzed Samples; IYSV: Iris yellow spot virus; TSWV: Tomato spotted wilt virus; LYSV: Leek yellow streak virus; OYDV: Onion yellow dwarf virus; GarCLV: Garlic common latent virus.

tiene una mayor susceptibilidad a la adquisición de TSWV durante el primer instar de estadio larval; una vez adquirido, los hábitos alimenticios de *F. occidentalis* P. se alteran, lo que conduce a una propagación más eficiente de TSWV (He *et al.*, 2019). Posiblemente los individuos muestreados en este estudio, no se habían alimentado en estadios inmaduros de hospedantes infectados, lo que dificultó la detección de virus en adultos. Actualmente, no hay evidencia de la transmisión de TSWV e IYSV por semilla, pero si se han detectado en almácigos de cebolla (Velásquez-Valle *et al.*, 2012; Ávila-Alistac *et al.*, 2017). Sería interesante determinar en futuros estudios si las fuentes de inóculo pueden ser reservorios en arvenses, o incluso material genético

as a vector of the *Allexiviridae* and *Potyviridae* family (Van Dijk, 1993; Van Dijk *et al.*, 1991). However, *F. occidentalis* P. has not been reported as a vector of LYSV. In contrast, in agricultural regions of Trinidad and San Quintin, the presence of viral complexes in thrip adults was detected in onion crops (table 4). Particularly, of the samples collected in the Trinidad Valley from TSWV-positive onion plantations, 33% of the *F. occidentalis* specimens were positive for the TSWV-GarCLV complex (table 2 and 4). In the same way, 8% of the samples collected in the Trinidad Valley were positive to the IYSV-LYSV-OYDV complex (table 4). These results coincide with the report of Mullis *et al.* (2004), who found *F. occidentalis* in infected onion plants with IYSV-TSWV complex, in Georgia,

infectado. Similarmente, algunos estudios mencionan a *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) como vector de las familias *Allexiviridae* y *Potyviridae* (Van Dijk, 1993; Van Dijk *et al.*, 1991). Sin embargo, no se ha reportado como vector de LYSV a *F. occidentalis* P. En contraste, en las regiones agrícolas de la Trinidad y San Quintín, si se detectó la presencia de complejos virales en adultos de trips en cultivos de cebolla (cuadro 4). Particularmente, de las muestras colectadas en el Valle de la Trinidad en plantaciones de cebolla positivas a TSWV, el 33 % de los ejemplares de *F. occidentalis* fueron positivos al complejo TSWV-GarCLV (cuadro 2 y 4). De la misma manera, el 8 % de las muestras colectadas en el Valle de la Trinidad fueron positivas al complejo IYSV-LYSV-OYDV (cuadro 4). Estos resultados coinciden con el reporte de Mullis *et al.* (2004), quienes encontraron a *F. occidentalis* en plantas de cebolla infectadas con el complejo IYSV-TSWV, en Georgia, Estados Unidos. Similarmente, Velásquez-Valle y Reveles-Hernández (2011), identificaron ejemplares de *F. occidentalis* en cultivos de cebolla positivos a IYSV en Zacatecas, Mexico. Por otra parte, en el Valle de San Quintín, los resultados obtenidos indican que el 87,5 % de los adultos de *F. occidentalis* analizados portaban el complejo viral TSWV-GarCLV, y a su vez, el 12,5 % fueron positivos a IYSV-LYSV-OYDV (cuadro 4). Estos resultados sugieren que el Valle de San Quintín, es la región agrícola en

United States. Similarly, Velásquez-Valle and Reveles-Hernández (2011), identified specimens of *F. occidentalis* P. in onion crops positive for IYSV in Zacatecas, Mexico. On the other hand, in San Quintín Valley, the results obtained indicate that the 87,5 % of the *F. occidentalis* P. adults tested carried the TSWV-GarCLV viral complex, and 12.5% were positive for IYSV-LYSV-OYDV (table 4). These results suggest that San Quintín Valley, is the agricultural region in BC with the greater viral incidence in adults of *F. occidentalis* presented in onion crops, and that exist in biological and ecological conditions that favor the acquisition of viral particles by the insect. Studies mention that the TSWV has been detected in more than 650 species of cultivated, wild perennial and annual plants that are natural reservoirs and sources of primary inoculum of the virus, for its subsequent transmission by *F. occidentalis* P. (De la Torre *et al.*, 2002). Since TSWV had already been detected in the San Quintín Valley in tomato plantations (Garzón *et al.*, 2005; Holguín-Peña and Rueda-Puente, 2007; He *et al.*, 2019), the results obtained in this study suggest that TSWV is spreading to other crops through its insect vector *F. occidentalis* P. and that at least one crop, such as the onion, is being affected.

Recent studies mention that the adults of *F. occidentalis* P. are capable to migrate long distances and rapidly transmit viruses to cultivated and arborescent host plants (He *et al.*, 2019). In this sense, Ávila-Alistac *et al.* (2017) mention that the differences

BC con la mayor incidencia viral en adultos de *F. occidentalis* presentes en cultivos de cebolla, y que existen condiciones biológicas y ecológicas que favorecen la adquisición de las partículas virales por parte del insecto. Estudios mencionan que el TSWV se ha detectado en más de 650 especies de plantas cultivadas, silvestres perennes y anuales que son reservorios naturales y fuentes de inóculo primario del virus, para su posterior transmisión por *F. occidentalis* P. (De la Torre *et al.*, 2002). Debido a que TSWV ya había sido detectado en el Valle de San Quintín, en plantaciones de tomate (Garzón *et al.*, 2005; Holguín-Peña y Rueda-Puente, 2007; He *et al.*, 2019), los resultados obtenidos en este estudio sugieren que dicho virus se está diseminando a otros cultivos, a través de su insecto vector *F. occidentalis* P. y que al menos existe un cultivo como lo es la cebolla, que está siendo afectado. Estudios recientes mencionan que adultos de *F. occidentalis* P. son capaces de migrar a largas distancias y transmitir rápidamente los virus a plantas hospedantes cultivadas y arvenses (He *et al.*, 2019). En este sentido, Ávila-Alistac *et al.* (2017) mencionan que las diferencias en intensidad de la enfermedad ocasionada por IYSV en cebolla puede deberse a la diversidad y frecuencia de arvenses en las regiones productoras, que ocasionan diferencias en las poblaciones de insectos vectores. Sin embargo, algunos estudios mencionan que la propagación e impacto de IYSV

in the intensity of the disease caused by IYSV in onion may be due to the diversity and frequency of weeds in the producing regions, which cause differences in insect vector populations. However, some studies mention that the spread and impact of IYSV may be greater if conditions are present for the development of new outbreaks (Ornelas-Ocampo *et al.*, 2018). Finally, it is considered that the insect vector populations present in the crop fields, and that can efficiently transmit the viruses detected, are a threat to onion production in the state of BC. Timely detection of pathogens agents allows the establishment of appropriate integrated disease management programs. Epidemiological studies are needed to identify the effect of infections caused by virus complexes on yield and quality characteristics of the onion crop in BC.

Conclusions

Through DAS-ELISA the presence of Iris yellow spot virus, Tomato spot wild virus, Leek yellow spot virus, Onion yellow spot virus and Garlic common latent virus was detected in onion crops of Baja California, México. The incidence in form of viral complexes was found in the 77 % of the samples, while in 23 % the simple infection caused by Leek yellow spot virus was detected. In the analysis of the insects collect in plots of onion, the specimens were identified as *F. occidentalis* P. and carriers of Iris yellow spot virus, Tomato spot wild virus, Leek yellow spot virus, Onion yellow spot virus and Garlic common

pueden ser mayores si se presentan las condiciones para el desarrollo de nuevos brotes (Ornelas-Ocampo *et al.*, 2018). Finalmente, se considera que poblaciones de insectos vectores presentes en los campos de cultivo, y que pueden transmitir de manera eficiente los virus detectados, son una amenaza para la producción de cebolla en el estado de BC. La detección oportuna de agentes patógenos permite el establecimiento de adecuados programas de manejo integrado de enfermedades. Estudios epidemiológicos son necesarios para identificar el efecto de las infecciones ocasionadas por complejos virales sobre el rendimiento y las características de calidad del cultivo de cebolla en BC.

Conclusiones

Mediante DAS-ELISA se detectó la presencia de Iris yellow spot virus, Tomato spot wild virus, Leek yellow spot virus, Onion yellow spot virus y Garlic common latent virus en cultivos de cebolla en Baja California, México. La incidencia se encontró en forma de complejos virales en el 77 % de las muestras, mientras que en el 23 % fue detectada la infección simple ocasionada por Leek yellow spot virus. En el análisis de insectos colectados en parcelas de cebolla, los ejemplares fueron identificados como *F. occidentalis* P. y portadores de Iris yellow spot virus, Tomato spot wild virus, Leek yellow spot virus, Onion yellow spot virus y Garlic common latent virus. En este estudio, en las plantas indicadoras no se observaron los síntomas presentes

latent virus. In this study, the symptoms present in the field were not observed on indicator plants. To our knowledge, this is the first study of viral agents reported in onion (*A. cepa* L.) in Baja California, Mexico.

Acknowledgments

To the National Council of Science and Technology for the funding granted. To the onion producers of the state of Baja California for sharing experiences and knowledge. To M.C. Carlos Ceceña Durán for his assistance in the Phytopathology Laboratory of ICA-UABC.

End of English version

en campo. Hasta nuestro conocimiento, este es el primer estudio de agentes virales reportados en cebolla (*A. cepa* L.) en Baja California, México.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento otorgado. A los productores de cebolla del estado de Baja California por compartir experiencias y conocimientos. Al M.C. Carlos Ceceña Durán por su asistencia en el Laboratorio de Fitopatología del ICA-UABC.

Literatura citada

Ávila-Alistac, N., S. Ramírez-Rojas, H. Lozoya-Saldaña, A. Rebollar-Alviter y R.A. Guzmán-Plazola. 2017. Alternate hosts of Iris yellow spot virus and trips on onion crops in Morelos and Michoacan, Mexico. *Rev. Mex. Fitopatol.* 35:242-262.

- Bag, S y H.R. Pappu. 2009. Symptomatology of Iris yellow spot virus in selected indicator hosts. Plant Health Progress Doi:10.1094/PHP-2009-0824-01-BR.
- Bag, S., H.F. Schwartz y H.R. Pappu. 2012. Identification and virus characterization of biologically distinct Iris yellow spot virus (genus *Tospovirus*, family *Bunyaviridae*), a serious pathogen of onion. Eur. J. Plant Pathol. 134:97-104.
- Bag, S., H.F. Schwartz, C.S. Cramer, M.J. Havey y H.R. Pappu. 2015. Iris yellow spot virus (*Tospovirus*: *Bunyaviridae*): from obscurity to research priority. Mol Plant Pathol. 16(3):224-237.
- Bag, S., S.I. Rondon, K.L. Druffel, D.G. Riley y H.R. Pappu. 2014. Seasonal dynamics of thrips (*Thrips tabaci*) (Thysanoptera: Thripidae) transmitters of Iris yellow spot virus: A serious viral pathogen of onion bulb and seed. Crops. J. Econ. Entomol. 107(1):75-82.
- Cervantes, D.L. y B.Y. Samaniego G. 2012. Manual de prácticas de fitopatología. Primera Edición. Universidad Autónoma de Baja California. 105 p.
- Clark, M.F. y A.N. Adams. 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. J. General Virol. 34(3):475-483.
- De la Torre, A.R., L. Cervantes, A.H. Hobbs y R. Valverde. 2002. Variación fenotípica de algunos aislamientos mexicanos del Virus de la Marchitez Manchada del Tomate (TSWV). Agrociencia. 36:211-221.
- Dovas, C.I., E. Hatziloukas, R. Salomon, E. Barg, Y. Shibolet y N.I. Katis. 2001. Incidence of viruses infecting *Allium* spp. in Greece. European J. Plant Pathol. 107:677-684.
- Garzón T., J.A., T.J. Celis A., S. Velarde F., J. Ceballos R., P. Barbosa J., C. Reyes M., J.L. Martínez C. y P. Sánchez P. y S. Hernández V. 2005. Detección de virus fitopatógenos en la región Centro-Norte del Pacífico Mexicano. Rev. Mex. Fitopatol. 23(3):238-245.
- Gent, D. H., L. J. du Toit, S. F. Fichtner, S. K. Mohan, H. R. Pappu y H. F. Schwartz. 2006. Iris yellow spot virus: an emerging threat to onion bulb and seed production. Plant Dis. 90:1468-1480.
- He, Z., J. F. Guo, S. R. Reitz, Z. R. Lei y S. Y. Wu. 2019. A global invasion by the thrips, *Frankliniella occidentalis*: current virus vector status and its management. Insect Sci. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12721>.
- Holguín-Peña, R. J. y E.O. Rueda-Puente. 2007. Detection of Tomato spotted wilt virus in Tomato in the Baja California Peninsula of Mexico. Plant Dis. 91(12):1682B.
- Hsu, C.L., C.A. Hoeting, M. Fuchs, A.M. Shelton y B. A. Nault. 2010. Temporal dynamics of iris yellow spot virus and its vector, *Thrips tabaci* Lind. (Thysanoptera: Thripidae), in seeded and transplanted onion fields. Environm. Entomol. 39(2):266-277.
- Johansen, R. M. y A. Mojica-Guzmán. 2009. A review of the Mexican *Frankliniella paricutinensis* species assemblage in the Intonsa group (Insecta, Thysanoptera: Thripidae), with description of a new species. Rev. Mex. Biodivers. 80:349- 356.
- Lacasa, P. A. y J. M. Llorens C. 1996. Trips y su control biológico (I). Alicante: PISA Editores p. 38-79.
- Loebenstein, G. y H. Lecoq. 2012. Viruses and virus diseases of the vegetables in the Mediterranean Basin. Academic Press. Oxford p. 31-53.
- Lot, H., V. Chovelon, S. Souche y B. Delecalle. 1998. Effects of onion yellow dwarf and leek yellow stripe viruses on symptomatology and yield loss of three French garlic cultivars. Plant Dis. 82:1381-1385.
- Mound, L. A. 2005. Thysanoptera: diversity and interactions. Annual Rev. Entomol. 50:247-269.
- Mound, L. y S. Nakahara. 1993. The genus *Frankliniella* (Thysanoptera: Thripidae): character assessment at generic and specific levels. J. Pure Appl. Zool. 4:287-295.

- Mullis, S.W., D.B. Langston Jr., R.D. Gitaitis, J.L. Sherwood, D.G. Riley, A.N. Sparks, R.L. Torrance y M.J. Cook IV. 2004. First report of *Vidalia* onion (*Allium cepa*) naturally infected with *tomato spotted wilt virus* and *iris yellow spot virus* (Family *Bunyaviridae*, Genus *Tospovirus*) in Georgia. *Plant Dis.* 88:1285.
- Ornelas-Ocampo, K., D.L. Ochoa-Martínez, S. Aranda-Ocampo, S. Ramírez-Rojas y H. García-Ruiz. 2018. Variabilidad y síntomas causados por *Iris yellow spot virus* en *Nicotiana benthamiana*. *Rev. Mex. Fitopatol.* 36(1):131-140.
- Pérez, M.L., M.J. Navarro L., R. Ramírez M. y B. Mendoza C. 2010. Impacto e Identificación de Virus Fitopatógenos Sobre Rendimiento y Calidad del Ajo (*Allium sativum* L), en el Estado de Guanajuato, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 28(2):97-110.
- Samaniego, G.B.Y., A. Reyes R., O.A. Moreno V. y J.M. Tun S. 2017. Resistencia sistémica inducida contra virus fitopatógenos mediada por la inoculación con la rizobacteria *Bacillus* spp. *Rev. Protec. Veg.* 32(1):10-22.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap>. Fecha de consulta: agosto de 2020.
- Srinivasan, R., S. Sundaraj, H.R. Pappu, S. Diffie, D.G. Riley y R.D. Gitaitis. 2012. Transmission of *Iris yellow spot virus* by *Frankliniella fusca* and *Thrips tabaci*. *J. Econom. Entomol.* 105:40-47.
- Torres, B.A.I., A. Morales M., R.L. Grijalva C., L. Cervantes D. y F. Núñez R. 2017. Hierro foliar y acolchado plástico en *Capsicum chinense* Jacq. infectado con tospovirus. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 8(2):369-380.
- Van de Wetering, F., R. Goldbach y D. Peters. 1996. *Tomato spotted wilt tospovirus* ingestion by first instar larvae of *Frankliniella occidentalis* is a prerequisite for transmission. *Phytopathol.* 86:900-905.
- Van Dijk, P., M. Verbeek y L. Bos. 1991. Mite-borne virus isolates from cultivated allium species and their classification into two new rymoviruses in the family potyviridae. *Neth J Plant Pathol.* 97(6): 381-399.
- Van Dijk, P. 1993. Carlaviruses isolates from cultivated *Allium* sp. represent three viruses. *Nether. J. Plant Pathol.* 99:233-257.
- Velásquez-Valle, R., M. Reveles-Hernández y M. A. Amador-Ramírez. 2012. Distribución viral en plantas de cebolla (*Allium cepa* L.) asintomáticas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(7):1425-1434.
- Velásquez-Valle, R. y M. Reveles-Hernández. 2011. *Iris yellow spot virus* detection in the onion cultivation of Zacatecas, Mexico. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(6):971-978.