



Review [Revisión]

VIRUS DE LA “MANCHA ROJA” DE LA VID: UNA POTENCIAL ENFERMEDAD EN LOS VIÑEDOS DE MÉXICO †

[GRAPEVINE RED BLOTCH VIRUS: A POTENTIAL DISEASE IN VINEYARDS OF MEXICO]

Mariana Beltrán-Beache¹, Yisa María Ochoa-Fuentes², Ernesto Cerna-Chávez², Jerónimo Landeros-Flores², Epifanio Castro del Angel² and Juan Carlos Delgado-Ortiz^{3*}

¹ *Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Fitotecnia, Posta Zootécnica, Jesús María, Aguascalientes, C.P. 20900, México. beltranmariana89@gmail.com.*

² *Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. e-mail: yisa8a@yahoo.com, jabaly1@yahoo.com, jlanflo@hotmail.com.*

³ *Catedrático CONACYT-Universidad Autónoma Agraria Antonia Narro, Departamento de Parasitología. Calzada Antonio Narro 1923, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. e-mail: jdelgado@conacyt.mx, moe_788@hotmail.com*

* Corresponding author

SUMMARY

Background. The grapevine red blotch virus (GRBV) is a member of the Geminiviridae family that has a single-stranded DNA genome consisting of 3,206 nucleotides, from which two clades (1 and 2) diverge with differences of up to 8.5% in the genome. The symptoms associated with the red blotch disease are leaves with irregular red spots, the veins turn red and occasionally margins of the same color can be observed; white grape cultivars symptoms are less marked, involving slight chlorosis of irregular shape that may become necrotic as time, causing delays in fruit maturation and alterations in the chemical characteristics of the juice. **Objective.** Introduce the current situation of the grapevine red blotch virus on the vine worldwide and the risk that it represents as an emerging disease in Mexico, as well as the available detection methods and strategies for managing the disease and its known vectors. **Methodology.** Employed method was a literature review about Grapevine “red spot” virus and its damages on the vine plants. **Main findings.** A review is obtained with the distribution of GRBV worldwide, highlighting the main differences with Pierce disease and GLRaV, knowledge of the vectors and the amin detection techniques. **Implications.** The real spread of the red blotch disease caused by GRBV in Mexico, specific vectors or alternative hosts is not known, which represents a latent risk to the national grape production. Communicate timely and available information about possible vectors, detection techniques and symptoms caused by GRBV are very important for a monitoring and control strategy design. **Conclusions.** The disease caused by GRBV has been recently detected in Mexico country, making crucial to establish effective and reliable detection strategies that improve the monitoring and control of GRBV and its possible vectors. This review shows the current panorama of the GRBV distribution in Mexico and the world, the repercussions on the crop due to the effect of the symptoms that affect the physiology and metabolism of the plants, which affects the production and quality fruit, as well as the information available to support the vine production systems in Mexico. **Keywords:** GRBV; Mexico; grapevine; *Spissistilus festinus*; grapevine red blotch virus.

RESUMEN

Antecedentes. El virus de la “mancha roja” de la vid (GRBV) es un virus miembro de la familia *Geminiviridae* que cuenta con un genoma de cadena sencilla de ADN constituido por 3,206 nucleótidos, del cual divergen dos clados (1 y 2) con diferencias de hasta el 8.5 % en el genoma. Los síntomas asociados a la enfermedad de la “mancha roja” de la vid son hojas con manchas rojas irregulares, las nervaduras se tornan de coloración roja y ocasionalmente se pueden observar márgenes del mismo color; en cultivares de fruto blanco los síntomas son menos evidentes, involucrando ligera clorosis de forma irregular que pueden llegar a necrosarse conforme transcurre el tiempo, causando retraso en la maduración del fruto y alteraciones en las características químicas del jugo. **Objetivo.** Presentar la situación actual del virus de la “mancha roja” de la vid a nivel mundial y el riesgo que representa como enfermedad emergente en

† Submitted January 28, 2021 – Accepted June 8, 2021. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.
ISSN: 1870-0462.

México, así como los métodos de detección disponibles y las estrategias para el manejo de la enfermedad y sus vectores conocidos. **Metodología.** El método empleado fue una revisión de la literatura disponible sobre el virus de la “mancha roja” de la vid y los daños en las plantas de vid. **Principales hallazgos.** Se obtiene una revisión de literatura con la distribución del GRBV a nivel mundial, resaltando las principales deferencias con la enfermedad de Pierce y GLRaV, conocimiento de los vectores y las principales técnicas de detección. **Implicaciones.** No se conoce la dispersión real de la enfermedad de la mancha roja de la vid causada por el GRBV en México, vectores específicos u hospederos alternos, lo que representa un riesgo latente a la producción nacional de uva. El comunicar información disponible y oportuna sobre posibles vectores, técnicas de detección y las sintomatologías provocadas por el GRBV son muy importantes para el diseño de estrategias de monitoreo y control. **Conclusiones.** La enfermedad causada por el GRBV es de reciente detección en el país, haciendo crucial el establecimiento de estrategias de detección efectivas y confiables que faciliten el monitoreo, para el control del GRBV y sus posibles vectores. Esta revisión muestra el panorama actual de la distribución de GRBV en México y el mundo, y las repercusiones en el cultivo por efecto de los síntomas que afectan la fisiología y metabolismo de las plantas, lo cual repercute en la producción y calidad del fruto. Así como la información disponible como apoyo a los sistemas de producción de vides en México.

Palabras clave: GRBV; México; vid; *Spissistilus festinus*; virus de la “mancha roja” de la vid.

INTRODUCCIÓN

La superficie destinada al cultivo de la vid (*Vitis vinifera* L.) en México es de 33,389 ha, los principales estados productores son: Zacatecas, Sonora y Baja California que participan con el 93 % de la superficie destinada al cultivo (SIAP, 2019). En México los primeros reportes de virus afectando el cultivo de la vid se registraron en La Comarca Lagunera con la determinación del virus hoja de abanico (grape fanleaf virus: GFLV) y el virus del enrollamiento de la hoja (grape leafroll virus: GLRV) (Téliz y Goheen, 1968). Posteriormente en 1978, en el municipio de Pabellón, Aguascalientes; se tienen registros de plantas sintomáticas al virus de la corteza corchosa-madera rugosa y el picado del tallo de la vid (stem pitting) (Téliz et al., 1980). En 1987, con la detección del virus del enrollamiento de la hoja en el estado de Aguascalientes; también se identificó a uno de sus vectores, la cochinilla *Pseudococcus longispinus* (Téliz et al., 1989). En este mismo estado, se determinó la incidencia del virus hoja de abanico y el virus del enrollamiento de la hoja en plantas de las variedades Chenin Blanc, Salvador y Globo Rojo con incidencias en los viñedos que oscilaban de 6.7-37.5 % para el GFLV, mientras que para el GLRV del 3.8-80 % (Velásquez-Valle et al., 2013). En 2019 se detectó otro virus en México, el llamado virus de la “mancha roja” de la vid (grapevine red blotch virus: GRBV) (Gasperin-Bulbarela et al., 2019). Yepes et al. (2018) demostraron que el GRBV es el agente causal de la enfermedad de la “mancha roja” de la vid, a partir del diseño y la agroinoculación de clones infecciosos GRBV mediada por *Agrobacterium tumefaciens* en tejidos de vid, logrando replicar los síntomas relacionados con la enfermedad y la recuperación de progenie viral idéntica a las clones agroinoculadas. El experimento realizado cumplió con los postulados de Koch y permitió establecer a GRBV como el agente causal de la “mancha roja” de la vid.

Esta enfermedad viral representa un serio problema económico para la industria del vino en Estados Unidos; debido al impacto económico proyectado a 25 años, donde se estiman pérdidas en un rango de 2,213 – 68,548 US\$ ha⁻¹ en los viñedos afectados por el GRBV, previendo incidencias de la enfermedad de un 5-60 % (Ricketts et al., 2016). Cabe destacar que el desconocimiento de la incidencia y distribución geográfica del virus GRBV, así como de sus insectos vectores en México podría desencadenar una situación similar a la reportada en Estados Unidos.

Al-Rwahnih et al. (2015) sugieren que el GRBV no es un virus emergente y proponen que este virus se encuentra afectando los viñedos de Sonoma, California desde 1940. Al analizar muestras de vid del herbario del Centro para la Diversidad de Plantas de la Universidad de California. La muestra de *V. vinifera* cv. Early Burgundy manifestó síntomas típicos de la “mancha roja” de la vid en las hojas, siendo esta la única muestra de la cual se obtuvo un amplificado de PCR con un 97-100% de homología con las secuencias previamente reportadas de GRBV. Posteriormente el GRBV fue reportado por Thompson et al. (2018) en las especies de *V. aestivalis*, *V. nesbittiana*, *V. bifomis*, *V. monticola*, *V. blancoii*, *V. bloodworthiana* y *V. amurensis* de la misma colección.

El objetivo de la presente revisión se centra en determinar la situación actual del virus de la “mancha roja” de la vid a nivel mundial y el riesgo que representa como enfermedad emergente en México, así como los métodos de diagnóstico disponibles y las estrategias para el manejo de la enfermedad y sus vectores. Esta revisión conjuga la información desde los primeros registros de los virus en el cultivo hasta las recientes detecciones de GRBV, acopiando información de un periodo de 50 años.

Descripción de GRBV

La primera descripción del virus de la “mancha roja” de vid fue reportada por Krenz *et al.* (2012), quienes caracterizaron al virus de la vid asociado a Cabernet franc (GCFaV, por sus siglas en inglés) que afectaba a los viñedos en Nueva York, en Estados Unidos; mediante la técnica de amplificación en círculo rodante (RCA, por sus siglas en inglés) que les permitió replicar de manera unidireccional el ADN circular del virus y así obtener la secuencia completa del genoma constituido por 3,206 nucleótidos. Simultáneamente, los análisis metagenómicos de la investigación de Al-Rwahnih *et al.* (2013) confirmaron que los síntomas de la “mancha roja” en la vid en California, Estados Unidos; estaban asociados a un virus de ADN que llamaron provisionalmente como el virus asociado a la “mancha roja” de vid (GRBaV, por sus siglas en inglés) cuyo genoma correspondió en un 100% con GCFaV, concluyendo que se trataba del mismo virus. En este mismo estudio se encontraron otros virus como el grape vine leafroll virus 2 (GLRaV-2) y el grapevine rupestris stem aitting-associated virus (GRSPaV).

Estudios filogenéticos realizados por Krenz *et al.* (2014) en aislamientos de GRBV expusieron la existencia de dos clados (clado 1 y 2) o grupos principales, con diferencias en el genoma de hasta el 8.5 % entre sí. Cabe destacar que del análisis de las 120 secuencias depositadas en el NCBI del banco de genes realizado por Cieniewicz *et al.* (2020b), establecen una variabilidad intraclado del 6.1 % para el clado 1; mientras que para el clado 2 la variabilidad fue de 4.6 %, así como la variabilidad interclado fue establecida en un rango del 3.7 y 9.2 %. Al comparar los genes de la proteína de replicación (Rep) y la proteína de cubierta (CP) de GRBV con los géneros *Becurtovirus*, *Begomovirus*, *Curtovirus*, *Eragrovirus*, *Mastrevirus*, *Topocuvirus*, *Turncurtovirus*, *Circoviridae* y *Nanoviridae* dentro de la familia *Geminiviridae*, se determinó que GRBV no pertenece o se clasifica dentro de alguno de los géneros pertenecientes a estas familias. Lo anterior confirmó lo propuesto por Poojari *et al.* (2013) quienes indicaron que GRBV es miembro de la familia de los geminivirus pero no pertenece a ningún género previamente descrito. Siendo hasta el 2017 que Varsani *et al.* establecen el género *Grablovirus* dentro de la familia *Geminiviridae*; género cuyo nombre se deriva del grapevine red blotch virus, hasta entonces el único miembro del género *Grablovirus*. Análisis filogenéticos de los miembros de la familia *Geminiviridae* demostraron que el prunus geminivirus A (PrGVA) y wild vitis virus 1 (WVV1) también forman parte del género *Grablovirus* (Perry *et al.*, 2017; Al-Rwahnih *et al.*, 2018).

Distribución de GRBV

El GRBV ha sido detectado en Estado Unidos en los estados de Pensilvania, Nueva York, Maryland, California, Oregon, Washington, Missouri, Carolina del Norte, Virginia, Tennessee, Idaho y Ohio; en Columbia Británica y Nueva Escocia, Canadá; India; Corea del Sur; Argentina; Italia y Suiza (colección de germoplasma) en los siguientes cultivares: Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Zinfandel 1A, Merlot, Pinot Noir, Chardonnay, Malbec, Petit Verdot, Riesling, Thompson sin semilla, en el híbrido “Crimson Cabernet” una cruce entre Cabernet Sauvignon X Norton, Petit Sirah; y en los híbridos Geisenheim 318, New York Muscat, Vidal blanc (Al-Rwahnih *et al.*, 2013; Krenz *et al.*, 2014; Lim *et al.*, 2016; Poojari *et al.*, 2017; Reynard *et al.*, 2018; Jones & Nita, 2019; Marwal *et al.*, 2019; Schoelz *et al.*, 2019; Thompson *et al.*, 2019; Hoffmann *et al.*, 2020; Poojari *et al.*, 2020; Soltani *et al.*, 2020; Bertazzon *et al.*, 2021). En México se reportó por primera vez en los años 2016-2017 en la región productora de vino de Ensenada, Baja California, en muestras de *Vitis vinifera* L. de las variedades Pinot Noir, Merlot y Nebbiolo; posteriormente al análisis filogenético se determinó que los aislados derivados de este estudio (GRBV-Gpe-JGB (MH557096) y GRBV-Gpe-JCT (MH557095) pertenecen al clado 1 (Gasperin-Bulbarela *et al.*, 2019); cabe desatacar que este es el único registro que se tiene en las áreas vitivinícolas de México y no se descarta su presencia en otras zonas, por lo cual su detección y control es fundamental para evitar la diseminación de la enfermedad.

Vectores del GRBV

Cieniewicz *et al.* (2018) con el objetivo de identificar los posibles insectos vectores del GRBV, colectó 134,000 insectos durante dos años; el criterio para considerar a la especie o taxa como candidato a insecto vector fuesen positivos en más del 40% para GRBV en los análisis por PCR múltiple, de esta forma se catalogó a *Spissistilus festinus* (50 %), *Melanoliaris* sp. (70 %), *Osbornellus boreallis* (41 %), *Colladonus reductus* (40 %) como posibles vectores del GRBV; mientras que en *Scaphytopius magdalensis* (8 %), *Empoasca* sp. (5 %), *Graphocephala actropunctata* (3 %) y *Lygus* sp. (6 %) se determinaron con un bajo porcentaje de detección del virus.

Destacando el estudio de Cieniewicz *et al.* (2017b), cuyo objetivo fue determinar la propagación de la enfermedad en un viñedo de dos hectáreas, sin determinar el agente vector. Reportaron que la incidencia de la enfermedad en 2014 fue de 3.9 %, en 2015 fue de 6.0 % y la incidencia durante el 2016 fue de 7.1 %; determinaron un incremento anual del 2.1 % entre el 2014 al 2015 y un incremento en la incidencia de la enfermedad entre el 2015 y 2016 del 1.1 %,

indicando que el aumento anual en la incidencia se localizó principalmente en la sección del viñedo más cercana al área ribereña; esta distribución ya había sido señalada por Perry *et al.* (2016), en el que el 92 % de las muestras que expresaban síntomas de la enfermedad de la mancha roja fueron positivas para GRBV. En este estudio se determinaron asociaciones espaciales significativas de los índices de agrupamiento entre las temporadas sucesivas, lo que sugiere que el grado de agregación espacial de las vides enfermas fue asociado con la posición espacial de las mismas en el año anterior. Lo cual indica que GRBV puede extenderse con el tiempo, dentro y entre filas del viñedo donde se presenten vides infectadas (Cieniewicz *et al.* 2017b).

Para *S. festinus*, *Melanoliaris* sp., *Osbornellus boreallis* y *Colladonus reductus* su dinámica poblacional fue determinada entre los meses de marzo y noviembre por Cieniewicz *et al.* (2018) durante 2015 y 2016; donde GRBV fue detectado con mayor frecuencia en los meses de junio a noviembre en las cuatro especies de vectores, siendo que la mayor incidencia de *S. festinus* como insectos virulíferos fue durante los meses de junio (en 2016) y julio (en 2015). Lo anterior coincide con la dinámica de desarrollo analizada por Petro *et al.* (2019), quienes encontraron la mayor incidencia en sus muestreos en viñedos de Cabernet Sauvignon en los meses de mayo, junio y julio; también sugieren que a la falta de vegetación residente los adultos de *S. festinus* migran a los doseles de las vides para alimentarse de los brotes apicales y los peciolo de las hojas a partir de junio hasta el mes de diciembre, meses en los cuales puede adquirir el GRBV.

Cieniewicz *et al.* (2020a) reportan a *Spissistilus festinus* como el vector de GRBV; recientemente, en EE. UU. se identificaron dos genotipos distintos de *S. festinus* basados en el análisis de las secuencias obtenidas del gen mitocondrial citocromo C oxidasa 1 y la región nuclear ITS2. Con lo anterior, se demostró que la única característica morfológica distintiva entre los genotipos colectados en California y en el sureste de los Estados Unidos es la elevación del pronoto; destacando la posibilidad de la existencia de dos especies crípticas (Cieniewicz *et al.*, 2020a); de las cuales no se cuenta con evidencia contundente si ambas puedan fungir como vector del GRBV.

Bahder *et al.* (2016) realizaron ensayos para comprobar la capacidad de adquisición del virus posteriormente a la alimentación de los insectos *Erythroneura elegnatula*, *E. variabilis*, *E. ziczac* y *S. festinus* en plantas infectadas por GRBV; siendo esta última especie la que mostró una mayor eficiencia en la adquisición del virus (un 75 % de los insectos fueron

positivos a la detección por PCR digital), comprobando una transmisión efectiva post-inoculación a los tres meses (0.1 %), cuatro meses (0.3 %) y cinco meses (1.6 %) por *S. festinus*. También *E. ziczac* se reporta como vector del GRBV (Poojari *et al.*, 2013); quienes además hacen referencia a la demanda de más estudios en otras especies como *E. elegnatula*, *E. variabilis*, *E. tricincta* y *E. comes*. Con lo anterior se puede destacar que la especie que ha destacado como vector del GRBV es *S. festinus*.

Técnicas de diagnóstico de GRBV

Diagnóstico visual

El diagnóstico visual se basa en la sintomatología expresada en la planta y este es el primero y más utilizado método para diagnosticar enfermedades en la vid; sin embargo, se basa en la experiencia por lo que puede arrojar una identificación incorrecta del patógeno (Zherdev *et al.*, 2018). Existen múltiples reportes que la severidad de los síntomas del GRBV varían según el cultivar y la estación del año (Sudarshana *et al.*, 2015; Cieniewicz *et al.*, 2017b). Además, un diagnóstico visual puede ser complicado debido a las similitudes de los síntomas foliares y en frutos entre GRBV, el virus del enrollamiento de la hoja (GLRaV) y la enfermedad de Pierce (Cieniewicz *et al.*, 2017a; Zherdev *et al.*, 2018). La sintomatología de la “mancha roja” de la vid es similar a los síntomas provocados por las deficiencias de nutrientes como la deficiencia de magnesio, potasio y fósforo (Cieniewicz *et al.*, 2017a, 2018). Por estos numerosos factores y la variación al expresarse los síntomas, es que se dificulta el diagnóstico y se genera confusión en la determinación de la enfermedad.

La sintomatología asociada a la enfermedad causada por el virus de la “mancha roja” de la vid son: hojas con manchas rojas irregulares, estas manchas tienden a fusionarse conforme avanza la temporada, las nervaduras se tornan de coloración roja y ocasionalmente se pueden observar márgenes del mismo color; algunos autores han podido observar que las hojas basales tienden a ser más sintomáticas que las hojas medias y las hojas terminales (Al-Rwahnih *et al.*, 2013; Sudarshana *et al.*, 2015). En el caso de los cultivares de fruto blanco los síntomas son menos evidentes como: ligeras clorosis de forma irregular (Figura 1), las cuales pueden llegar a necrosarse conforme transcurre el tiempo (Sudarshana *et al.*, 2015). Además de los síntomas foliares se han reportado retrasos en la maduración del fruto y alteraciones en la química del jugo (Al-Rwahnih *et al.*, 2013; Sudarshana *et al.*, 2015; Girardello *et al.*, 2019; Martínez-Lüscher *et al.*, 2019).



Figura 1. Síntomas en hoja de la GRBV (*Vitis vinifera* L. cv Merlot).

Algunas de las principales diferencias entre GLRaV, GRBV y la enfermedad de Pierce (*Xylella fastidiosa*), de acuerdo a su comportamiento es la intensidad de las coloraciones en las manchas de las hojas, las cuales son de color marrón en la enfermedad de Pierce, color púrpura rojizo para GLRaV y de color rojizo (rojo carmesí) a púrpura para GRBV. El avance del cambio de coloración en la enfermedad de Pierce es de los bordes hacia el centro de la hoja, el cual presenta colores rojizos en los puntos de avance, dejando atrás tejido necrosado, lo que permite la formación de “islas verdes” en hojas y tallos los cuales se endurecen conforme avanza la enfermedad; finalmente los frutos se deshidratan y exhiben un aspecto de uva pasa (Hickey *et al.*, 2019); mientras que en infecciones por GLRaV las hojas se tornan completamente de coloración rojizo a púrpura conforme avanza la infección sin presentar cambio de coloración en las nervaduras, las cuales generalmente exhiben un verde más intenso que el de plantas sanas, acompañado del respectivo enrollamiento de la hoja en vides rojas, mientras que en vides blancas, solo se aprecian moteados cloróticos en las hojas (Burger *et al.*, 2017; Naidu, 2017).

Detección molecular

Con base a los numerosos factores que dificultan el diagnóstico de la enfermedad de la “mancha roja” en la vid se ha sugerido la implementación de métodos que aporten mayor certeza, y es por eso que sólo los diagnósticos por métodos moleculares han aportado mayor confianza (Cieniewicz *et al.*, 2017a); en la Tabla 1, se muestran los iniciadores comúnmente utilizados en los últimos años para la detección de GRBV con la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

Setiono *et al.* (2018), optimizaron la detección del agente causal de la enfermedad de la “mancha roja” de la vid mediante métodos moleculares, tomando como punto de partida la posición del tejido para la extracción de ácidos nucleicos a lo largo de un brote de vid; siendo los peciolo de las hojas completamente extendidas donde se pudo obtener la mayor concentración viral. En sus análisis señalaron que no se obtuvo significancia en la concentración viral entre el peciolo, base y punta de las hojas viejas e intermedias, destacando una importante diferencia en la concentración viral en el peciolo y la punta de las hojas intermedias. Para las determinaciones del virus por qPCR, diseñaron los iniciadores: 1v/2v, 3v/4v, 5i/6i, 7i/8i y 9i/10i.

Tabla 1. Iniciadores reportados para la detección del virus de la “mancha roja” de la vid mediante PCR.

Iniciadores	Gen	Secuencia	Referencia
GVGF1/ GVGR1	Proteína de Cobertura	CTCGTCGCATTTGTAAGA/ ACTGACAAGGCTACTACG	Al-Rwahnih <i>et al.</i> , 2013
CPForward/ CPReverse	Proteína de Cobertura	AGCGGAAGCATGATTGAGACATTGAC/ AACGTATGTCCACTTGCAGAAGCCGC	Krenz <i>et al.</i> , 2014
Repfor/ Reprev	Proteína asociada a la replicación Región Intergénica	CAAGTCGTTGTAGATTGAGGACGTATTGG/ AGCCACACCTACACGCCTTGCTCATC	Krenz <i>et al.</i> , 2014
GRLaV-4-For/ GRLaV-4-Rev	Proteína de la Cubierta	GTAGATTGAGGACGTATTGG/ CGAAGAATACCACGTACCATGGG	Poojari <i>et al.</i> , 2013
GRLBV-F5/ GRBLV-R9	Proteína de Cobertura	TGCAAGTGGACATACGTTTA/ GGGATCCCATCAATTGTTCT	Thompson <i>et al.</i> , 2019
GRBV-660F/ GRBV-1428R	Proteína de Cobertura	TACTTACAAGTGCAGGAGTGGTT/ ACTCAGAACTTGATCATACACACG	Yao <i>et al.</i> , 2018
GRBV-V2F/ GRBV-V1R		ATGGGTTAGGGGATGAGGCT/ CGCAATGACTCCTGCGGCT	Gasperin-Bulbarela <i>et al.</i> , 2019
GRBaV-F/ GRBaV-R	Proteína de Cobertura	GCCTTGTCAGTTTGCATTCC/ CTCCGCTGTTATCACTACC	Poojari <i>et al.</i> , 2016
Sin nombre	Proteína de Cobertura	CGTGGCTTTTACGCGAAGCTAA/ GCGATTCCGTTTGTTCAGTGTT	Blanco-Ulate <i>et al.</i> , 2017
GRBVdivFOR/G RBVdivREV		GAGGGTATGTGAGGAAGAAG/ GCAGAAGGCAACGATATATCC	Perry <i>et al.</i> , 2016
1v	Proteína asociada a la replicación	GTACCGWRYTCGACGGTATCYC/ CACCATATCGTCTCAYTCCTAYC	
2v		ACATCTCTGGGYTTKGTGATATT/ CTACACGCCCTTGCTCATCTT	
3v	Proteína asociada a la replicación	eEF1a1	
4v		CACCATGAGTCTTTGGTAGAGG/ GCAGGATCATCTTTGGAGTTAGA	Setiono <i>et al.</i> , 2018
5i	(Amidoligasa_2)	GGTGTGGTGTCTCCATAGTT/ CCTAGTTGCCTTGAGGTCTTT	
6i	NADP+	GTAGAAGGTGTGATGCCAGATT/ GGCACAATCCAAGAGAGGTATT	
7i			
8i	Actin		
9i			
10i			

Poojari *et al.* (2016), con la finalidad de mejorar la eficiencia en el diagnóstico de virus que afectan la vid realizaron ensayos de PCR de transcripción inversa cuantitativa en tiempo real basados en SYBR® Green (qRT-PCR) en comparación con PCR de punto final y PCR de transcripción inversa, donde la qRT-PCR arrojó mejores resultados en tejido vegetal como en insectos (*E. ziczac*), con una eficiencia de un 0.98 % para la detección de GRBV.

Amplificación de ADN isotérmica mediada por horquillas (LAMP por sus siglas en inglés)

Romero *et al.* (2019) desarrollaron el protocolo para la determinación de GRBV mediante la técnica LAMP, quienes establecieron que dicha técnica presenta una sensibilidad 10000 veces mayor a la obtenida por un PCR convencional. Para la extracción de los ácidos

nucleicos y desarrollo de esta técnica, el ADN debe ser extraído de las hojas más viejas con mayor proximidad al tallo principal; debido al mayor contenido de partículas virales. Los iniciadores diseñados para este protocolo son los siguientes: p1825-F3 (GAATCGTTTGAATCGTAAGAGA), p1826-B3 (CAGACAAATAAATACGATTCCTTTC), p1827-FIP (AATGACTCCTGCGGCTTCTT*TCGATTTTTGGGTTTCGAAGA), p1828-BIP (TCAAAGACGTCGTCTGGTTGT*CATCATTACGTCCTCCACC), p1842-LoopB (GCTTTTAAAAACGACGTGT), p1857- LoopF (TTCACGCCAACAACAAGT). Las lecturas colorimétricas de las muestras con reacciones positivas se tornan de amarillo, mientras que las muestras que resultan negativas presentan un color rojo. El protocolo fue optimizado empleando el kit comercial WarmStart® LAMP Kit.

Detección por el método AMPLIFYRP ACCELER8

Este método fue desarrollado por Li *et al.* (2017), el cual es una herramienta de detección rápida de la presencia de GRBV en muestras de vid; se basa en la detección del virus a partir de un extracto crudo de la base de la hoja de la vid. Los iniciadores desarrollados por Li *et al.* (2017) fueron: RB-F1 (CTGCAAGTGGACATACGTTTAGATTGTATCT A), RB-R1(5Biosg/TCGACGTCTCTTCAACGTCTTAACGAATTCAC), RB-F2 (ATTATGGCGTGTGTATGATCAAGTTTCTGAG TTTGG), RB-R2 (5Biosg/ATCAGGTTTCAGTCAATGCAATTCTTCGCTTGT A) y las sondas diseñadas fueron RB-probe1 (FAM/AATAGACCACGCTGTTTATTATGGCGTG TGT/idSp/ TGATCAAGTTTCTGAGTTTG/3SpC3), RB-probe2 (FAM/TGAATTCGTTAAGACGTTGAAGAGACG TCGAT/ idSP /TGAGCGCGGAGAGGTGACA/3SpC3); con los que se reporta hasta 100 veces más de sensibilidad en ADN purificado que un PCR convencional, logrando la detección en diluciones de extracto crudo hasta 1:10⁸ (peso/volumen). Se resalta la especificidad del método sin ser discriminativo entre clados (1 o 2) del GRBV.

Impacto de la infección de GRBV en la calidad de fruto

Girardello *et al.* (2019) comprobaron que las uvas afectadas por GRBD, sufren cambios en los sólidos solubles totales (grados Brix), pH y la acidez, detectando la reducción de grados Brix en un 2-20 %. Además, infieren que la infección por GRBV podría alterar la translocación de azúcar de las hojas a los frutos, dando como resultado un mayor contenido de azúcares en las hojas y una menor acumulación de éstos en la fruta. También sugieren que los incrementos de los niveles de sacarosa, glucosa y fructosa en las hojas sintomáticas puede estar asociado con los incrementos de compuestos fenólicos, debido a que estos azúcares son usados como sustrato en la ruta de síntesis de compuestos fenólicos. En cuanto a la producción de ácidos titulables, Girardello *et al.* (2019), demostraron que los cultivares infectados por el GRBV indujeron incrementos de 12.5 % en acidez titulable en comparación con las plantas sin infectar, deduciendo que GRBD afecta el proceso de maduración de las uvas, al aumentar la acidez, así como la reducción de azúcares acumulables en las vides infectadas. Lo anterior concuerda con lo reportados por Martínez-Lüscher *et al.* (2019) quienes señalan que al paso del tiempo los niveles de azúcares solubles (glucosa, fructosa y sacarosa) en las hojas infectadas por GRBV, tienden a mantenerse en comparación con vides no infectadas, sin importar el

portainjerto; mientras que en fruto se obtuvieron 2°- 5° Brix por debajo de los frutos no infectados; siendo que la acidez del fruto fue mayor en las vides infectadas por GRBV que las no infectadas.

Blanco-Ulate *et al.* (2017) reportan 679 alteraciones como respuesta a la infección por GRBV, de las cuales 128 se presentaron en el proceso de maduración de la uva mediante la regulación del desarrollo y traducción de las señales en el proceso de biosíntesis y señalización de las hormonas, además de comparar los niveles de hormonas ácido abscísico, trans-zeatina, ácido giberélico y ácido salicílico (este último analizado como respuesta a la infección por el virus) en las vides que fueron positivas a GRBV desde su etapa de envero hasta la cosecha.

En cuanto a la producción de antocianinas (malvidin-3-O-glucósido, petunidin-3-O-glucósido, delphinidina-3-O-glucósido, pelargonidina-3-O-glucósido y cianidina-3-O-glucósido); se demostró una disminución de estas en los frutos de vides infectadas; además de registrarse una supresión transcripcional en particular de la ruta de los fenilpropanoides (Blanco-Ulate *et al.*, 2017); lo que sugiere la afectación de los procesos metabólicos primarios y secundarios. Estos comportamientos en la disminución de azúcares, disminución de producción de antocianinas y el aumento de partículas virales, ha sido observada en otras enfermedades virales como GLRV (Vega *et al.*, 2011).

A demás de los parámetros antes mencionados se ha determinado que los viñedos o vides afectadas por el GRBV se han visto afectados en la tasa neta de fotosíntesis, conductancia estomática, concentración de clorofila; reducción de 33-35 % del crecimiento vegetativo (con base a peso de la madera de las podas por planta) (Reynard *et al.*, 2018).

Control de GRBV

Una de las medidas que se sugiere para evitar la diseminación del GRBV es la plantación de materiales certificados (Cieniewicz *et al.*, 2017a) y el control químico del principal vector reconocido; considerado por el momento, el método más efectivo y rápido, y la mejor opción para el control de *Spissistilus festinus*. Para el efectivo control de la especie *Spissistilus festinus* en cultivos de alfalfa, soya y cacahuate se recomienda la aplicación de los ingredientes activos: alfa-cipermetrina, betaciflutrina, carbaryl, cyflutrina, gamma-cihalotrina, lambda-cihalotrina, zeta-cipermetrina, clotianidina, esfenvalerato, lambda-cihalotrina + clorantraniliprol, zeta-cipermetrina + bifentrina (Beyer *et al.*, 2017).

CONCLUSIÓN

La enfermedad causada por el GRBV es de reciente detección en el país, por lo cual resulta crucial el establecimiento de estrategias de detección efectivas y confiables que favorezcan el monitoreo y control del GRBV y sus posibles vectores. Esta revisión muestra el panorama actual de la distribución de GRBV en México y el mundo, las repercusiones en el cultivo por efecto de los síntomas que afectan la fisiología y metabolismo de las plantas, lo cual repercute en la producción y calidad del fruto. Se muestra la información disponible como apoyo a los sistemas de producción de vides en México; dado que no se conocen la dispersión real de la enfermedad, vectores específicos u hospederos alternos, representando un riesgo latente a la producción nacional de uva.

Agradecimientos

Agradecemos a CONACYT por el apoyo al Proyecto 1048 del programa Cátedras CONACYT.

Financiamiento. Sin financiamiento para el desarrollo del presente documento.

Conflicto de interés. Los autores declaran no tener conflicto de interés

Cumplimiento de normas éticas. Debido a la naturaleza del trabajo (revisión), los autores no tienen nada que declarar.

Disponibilidad de datos. Los datos están disponibles con el autor por correspondencia (jdelgado@conacyt.mx), a solicitud razonable.

REFERENCIAS

- Al-Rwahnih, M., Alabi, O.J., Westrick, N.M., Golino, D. 2018. Prunus geminivirus A: a novel Grablovirus infecting *Prunus* spp. *Plant Disease*. 102 (7): 1246-1253. DOI: 10.1094/PDIS-09-17-1486-RE.
- Al-Rwahnih, M., Dave, A., Anderson, M.M., Rowhani, A., Uyemoto, J.K., Sudarshana, M.R. 2013. Association of a DNA virus with grapevines affected by red blotch disease in California. *Phytopathology*. 103: 1069-1076. DOI: 10.1094/PHYTO-10-12-0253-R.
- Al-Rwahnih, M., Rowhani, A., Golino, D. 2015. First report of Grapevine Red Blotch associated Virus in archival grapevine material from Sonoma County, California. *Plant Disease*. 99 (6): 895-895. DOI: 10.1094/PDIS-12-14-1252-PDN.
- Bahder, B.W., Zalom, F.G., Jayanth, M., Sudarshana, M.R. 2016. Phylogeny of geminivirus coat protein sequences and digital PCR aid in identifying *Spissistilus festinus* as a vector of Grapevine red blotch associated virus. *Phytopathology*. 106: 1223-1230. DOI: 10.1094/PHYTO-03-16-0125-FI.
- Bertazzon, N., Migliaro, D., Rossa, A., Filippin, L., Giust, M., Brancodoro, L., Crespan, M., Angelini, E. 2021. Grapevine red blotch virus is sporadically present in a germplasm collection in Northern Italy. *Journal of Plant Diseases and Protection*. DOI: 10.1007/s41348-021-00468-5.
- Beyer, B.A., Srinivasan, R., Roberts, P.M., Abney, M.R. 2017. Biology and management of the three-cornered alfalfa hopper (Hemiptera: Membracidae) in alfalfa, soybean, and peanut. *Journal of Integrated Pest Management*. 8 (1): 1–10. DOI: 10.1093/jipm/pmx003.
- Blanco-Ulate, B., Hopfer, H., Figueroa-Balderas, R., Ye, Z., Rivero, R.M., Albacete, A., Pérez-Alfocea, F., Koyama, R., Anderson, M.M., Smith, R.J., Ebeler, S.E., Cantu, D. 2017. Red blotch disease alters grape berry development and metabolism by interfering with the transcriptional and hormonal regulation of ripening. *Journal of Experimental Botany*. 68(5): 1225–1238. DOI: 10.1093/jxb/erw506.
- Burger, J.T., Maree, H.J., Gouveia, P., Naidu, R.A. 2017. Grapevine leafroll-associated virus 3. In Meng, B., Martelli, G.P., Golino, D. y Fuchs, M. eds. *Grapevine viruses: molecular biology, diagnostics and management*. Germany: Springer. pp: 167-195. DOI: 10.1007/978-3-319-57706-7_14.
- Cieniewicz, E., Poplaski, V., Brunelli, M., Dombroskie, J., Fuchs, M. 2020a. Two distinct genotypes of *Spissistilus festinus* (Say, 1830) (Hemiptera, Membracidae) in the United States revealed by phylogenetic and morphological analyses. *Insects*. 11 (80): 1-12. DOI: 10.3390/insects11020080.
- Cieniewicz, E.J., Perry, K.L., Fuchs, M.F. 2017a. Grapevine red blotch: molecular biology of the virus and management of the disease. In Meng, B., Martelli, G.P., Golino, D. y Fuchs, M. eds. *Grapevine viruses: molecular biology, diagnostics and management*. Germany: Springer. pp: 303-314. DOI: 10.1007/978-3-319-57706-7_14.
- Cieniewicz, E.J., Pethybridge, S.J., Gorny, A., Madden, L.V., McLane, H., Perry, K.L., Fuchs, M. 2017b. Spatiotemporal spread of grapevine red blotch-associated virus in a California vineyard. *Virus Research* 241 (1):

- 156–162. DOI: 10.1016/j.virusres.2017.03.020
- Cieniewicz, E.J., Pethybridge, S.J., Loeb, G., Perry, K., Fuchs, M. 2018. Insights Into the Ecology of Grapevine red blotch virus in a Diseased Vineyard. *Phytopathology*. 108 (1): 94–102. DOI: 10.1094/PHYTO-07-17-0239-R.
- Cieniewicz, E.J., Qiu, W., Saldarelli, P., Fuchs, M. 2020b. Believing is seeing: lessons from emerging viruses in grapevine. *Journal of Plant Pathology*. 102: 619–632. DOI: 10.1007/s42161-019-00484-3
- Gasperin-Bulbarela, J., Licea-Navarro, A.F., Pino-Villar, C., Hernández-Martínez, R., Carrillo-Tripp, J. 2019. First report of Grapevine Red Blotch Virus in México. *Plant Disease*. 103 (2): 381–381. DOI: 10.1094/PDIS-07-18-1227-PDN.
- Girardello, R.C., Cooper, M.L., Smith, R.J., Lerno, L.A., Bruce, R.C., Eridon, S., Oberholster, A. 2019. Impact of Grapevine Red Blotch disease on grape composition of *Vitis vinifera* Cabernet Sauvignon, Merlot and Chardonnay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 67 (19): 5496–5511. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b01125.
- Hickey, C., Blaauw, B., Brannen, P. 2019. Pierce's Disease of Grape: Identification and Management. UGA Cooperative Extension Bulletin 1514.
- Hoffmann M., Talton W., Nita M., Jones T.J., Al Rwahnih M., Sudarshana M.R., Almeyda C.V. 2020. First report of grapevine red blotch virus, the causal agent of grapevine red blotch disease in *Vitis vinifera* in North Carolina. *Plant Disease*. 104 (4): 1266–1266. DOI: 10.1094/PDIS-07-19-1539-PDN
- Jones T., Nita M., 2019. A survey of Virginia vineyards revealed high incidences of grapevine Rupestris stem-pitting-associated virus, grapevine red blotch virus and two mealybug species. *Plant Health Progress*. 20 (4): 207–214.
- Krenz, B., Thompson, J.R., Fuchs, M., Perry, K.L. 2012. Complete genome sequence of a new circular DNA virus from grapevine. *Journal of Virology*. 86 (14): 7715. DOI: 10.1128/JVI.00943-12.
- Krenz, B., Thompson, J.R., McLane, H.L., Fuchs, M., Perry, K.L. 2014. Grapevine red blotch-associated virus is widespread in the United States. *Phytopathology*. 104: 1232–1240. DOI: 10.1094/PHYTO-02-14-0053-R.
- Li, R., Fuchs, M.F., Perry, K.L., Mekuria, T., Zhang, S. 2017. Development of a fast Amplify RP Acceler8 Diagnostic Assay for Grapevine Red Blotch Virus. *Journal of Plant Pathology*. 99 (3): 657–662. DOI: 10.4454/jppv99i3.3952.
- Lim, S., Igori, D., Zhao, F., Moon, J.S., Cho, I.S., Choi, G.S. 2016. First Report of Grapevine red blotch-associated virus on Grapevine in Korea. *Plant Disease*. 100 (9):1957–1957. DOI: 10.1094/PDIS-03-16-0283-PDN.
- Luna, F., Debat, H., Moyano, S., Zavallo, D., Asurmendi, S., Gomez-Talquenca, S. 2019. First report of grapevine red blotch virus infecting grapevine in Argentina. *Journal of Plant Pathology*. 101 (4): 1239–1239. DOI: 10.1007/s42161-019-00298-3
- Martínez-Lüscher, J., Plank, C.M., Brillante, L., Cooper, M.L., Smith, R.J., Al-Rwahnih, M., Yu, R., Oberholster, A., Girardello, R., Kaan Kurtural, S. 2019. Grapevine Red Blotch Virus May Reduce Carbon Translocation Leading to Impaired Grape Berry Ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 67 (9): 2437–2448. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b05555.
- Marwal, A., Kumar, R., Paul Khurana, S.M., Gaur, R.K. 2019. Complete nucleotide sequence of a new geminivirus isolated from *Vitis vinifera* in India: a symptomless host of Grapevine red blotch virus. *Virus Disease*. 30: 106–111. DOI: 10.1007/s13337-018-0477-x
- Naidu, R. 2017. Grapevine leafroll-associated virus 1B. En Meng, B., Martelli, G., Golino, D. y Fuch, M. eds. *Grapevine Viruses: Molecular Biology, Diagnostics and Management*. Springer International Publishing. pp. 127–139. DOI: 10.1007/978-3-319-57706-7_6.
- Soltani, N., Hu, R., Hensley, D.D., Lockwood, D.L., Perry, K.L., Hajimorad, M.R. 2020. A Survey for Nine Major Viruses of Grapevines in Tennessee Vineyards. *Plant Health Progress*. 21 (3): 157–161. DOI: 10.1094/php-03-20-0018-rs
- Perry, K.L., McLane, H., Hyder, M.Z., Dangl, G.S., Thompson, J.R., Fuchs, M.F. 2016. Grapevine red blotch-associated virus is present in free-living *Vitis* sp. proximal to cultivated grapevines. *Phytopathology*. 106: 663–670. DOI: 10.1094/PHYTO-01-16-0035-R.
- Perry, K.L., McLane, H., Thompson, J.R., Fuchs, M. 2017. A novel grablovirus from non-cultivated grapevine (*Vitis* sp.) in North

- America. *Archives of Virology*. 163(1): 259–262. DOI: 10.1007/s00705-017-3567-y.
- Poojari, S., Alabi, O.J., Fofanov, V.Y., Naidu, R.A. 2013. A leafhopper-transmissible DNA virus with novel evolutionary lineage in the family Geminiviridae implicated in grapevine redleaf disease by next-generation sequencing. *PLoS ONE*. 8(6): 1-17. DOI: 10.1371/journal.pone.0064194.
- Poojari, S., Alabi, O.J., Okubara, P.A., Naidua, R.A. 2016. SYBR® Green-based real-time quantitative reverse-transcription PCR for detection and discrimination of grapevine viruses. *Journal of Virological Methods*. 235: 112–118. DOI: 10.1016/j.jviromet.2016.05.013.
- Poojari, S., Lowery, D.T., Rott, M., Schmidt, A.M., Úrbez-Torres, J.R. 2017. Incidence, distribution and genetic diversity of Grapevine red blotch virus in British Columbia. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 39 (2): 201-211. DOI: 10.1080/07060661.2017.1312532.
- Poojari, S., Moreau, D.L., Kahl, D., Ritchie, M., Ali, S., Úrbez-Torres, J.R. 2020. Disease incidence and genetic variability of economically important grapevine viruses in Nova Scotia. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 42 (4): 584-594. DOI: 10.1080/07060661.2020.1730443
- Preto, C.R., Bahder, B.W., Bick, E.N., Sudarshana, M.R., Zalom, F.G. 2019. Seasonal Dynamics of *Spissistilus festinus* (Hemiptera: Membracidae) in a Californian Vineyard. *Journal of Economic Entomology*. 112(3): 1138-1144. DOI: 10.1093/jee/toz022
- Reynard, J.S., Brodard, J., Dubuis, N., Zufferey, V., Schumpp, O., Schaerer, S., Gugerli, P. 2018. Grapevine red blotch virus: Absence in Swiss vineyards and analysis of potential detrimental effect on viticultural performance. *Plant Disease*. 102 (3): 651-655. DOI: 10/1094/PDIS-07-17-1069-RE.
- Ricketts, K.D., Gómez, M.I., Fuchs, M.F., Martinson, T.E., Smith, R.J., Cooper, M.L., Moyer, M.M., Wise, A. 2016. Mitigating the Economic Impact of Grapevine Red Blotch: Optimizing Disease Management Strategies in U.S. Vineyards. *American Journal of Enology and Viticulture*. 68: 127-135. DOI: 10.5344/ajev.2016.16009.
- Romero, J.L., Dena, G., Arce, P. Perry K., Thompson, J. 2019. A rapid, sensitive and inexpensive method for detection of grapevine red blotch virus without tissue extraction using loop-mediated isothermal amplification. *Archives of Virology*. 164(5): 1453-1457. DOI: 10.1007/s00705-019-04207-y.
- Schoelz, J.E., Adhab, M., Qiu, W., Petersen, S., Volenberg, D. 2019. First report of grapevine red blotch virus in hybrid grapes in Missouri. *Plant Disease*. 103 (2): 379-379. DOI: 10.1094/PDIS-07-18-1202-PDN.
- Setiono, F.J., Chatterjee, D., Fuchs, M., Perry, K.L., Thompson, J.R. 2018. The Distribution and Detection of Grapevine red blotch virus in its Host Depend on Time of Sampling and Tissue Type. *Plant disease*. 102 (11): 2187-2193. DOI: 10.1094/PDIS-03-18-0450-RE.
- SIAP. 2019. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Fecha de consulta: junio de 2019.
- Sudarshana, M.R., Perry, K.L., Fuchs, M.F. 2015. Grapevine red blotch-associated virus, an emerging threat to the grapevine industry. *Phytopathology*. 105 (7): 1026-32. DOI: 10.1094/PHYTO-12-14-0369-FI.
- Téliz, D., Gonsalves, D., Hu, J., Hummer, D.K. 1989. Detection of grapevine leafroll-associated closteroviruses in recently infected tissues in New York and spread of the disease in Mexico. *Proceedings 9th Meeting ICVG, Kiryat Anavim*. 1987:109-115.
- Téliz, D., Goheen, A.C. 1968. Diseases of grapevine in Mexico. *Plant Disease Reporter* 52: 372-373.
- Téliz, D., Goheen, A.C., Valle, P. 1980. Occurrence and spread of grape corky bark and stem pitting in Mexico. *Plant Disease* 64: 584-586.
- Thompson, B.D., Eid, S., Vander Pol, D., Lee, J., Karasev, A.V. 2019. First report of Grapevine Red Blotch Virus in Idaho grapevines. *Plant Disease*. 103 (10): 2704-2704 DOI: 10.1094/PDIS-04-19-0780-PDN.
- Thompson, T., Petersen, S., Londo, J., Qiu, W.P. 2018. First report of grapevine red blotch virus in seven *Vitis* species in a U.S. *Vitis* germplasm repository. *Plant Disease*. 102(4): 828–828. DOI: 10.1094/pdis-10-17-1577-pdn.
- Varsani, A., Roumagnac, P., Fuchs, M., Navas-Castillo, J., Moriones, E., Idris, A., Briddon, R. W., Rivera-Bustamante, R., Zerbini, F.M., Martin, D.P. 2017. Capulavirus and Grablovirus: two new genera in the family Geminiviridae. *Archives of Virology*. 162:

- 1819-1831. DOI: 10.1007/s00705-017-3268-6.
- Vega, A., Gutiérrez, R.A., Peña-Neira, A., Cramer, G.R., Arce-Johnson, P. 2011. Compatible GLRaV-3 viral infections affect berry ripening decreasing sugar accumulation and anthocyanin biosynthesis in *Vitis vinifera*. *Plant Molecular Biology*. 77: 261–274. DOI: 10.1007/s11103-011-9807-8.
- Velásquez-Valle, R., Galindo-Reyes, M.A., González-Gaona, E., Reveles-Torres, L.R. 2013. Presencia y manejo de los virus hoja de abanico y enrollamiento de la hoja en viñedos de Aguascalientes. Folleto Técnico. Núm. 48. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 30 páginas.
- Yao, X.L., Han, J., Domier, L.L., Qu, F., Lewis-Ivey, M.L. 2018. First Report of Grapevine red blotch virus in Ohio Vineyards. *Plant disease*. 102 (2): 463-463. DOI: 10.1094/PDIS-08-17-1141-PDN.
- Yepes, L.M., Cieniewicz, E., Krenz, B., McLane, H., Thompson, J.R., Perry, K., Fuchs, M. 2018. Causative Role of Grapevine Red Blotch Virus in Red Blotch Disease. *Phytopathology*. 108 (7): 902-909. DOI:10.1094/PHYTO-12-17-0419-R.
- Zherdev, A., Vinogradova, S., Byzova, N., Porotikova, E., Kamionskaya, A., Dzantiev, B. 2018. Methods for the Diagnosis of Grapevine Viral Infections: A Review. *Agriculture*, MDPI. 8(12): 1-19.