

Leafhoppers that carry begomoviruses on roselle crop (*Hibiscus sabdariffa* L.)

Cicadélidos portadores de begomovirus en el cultivo de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.)

Julieta Martínez-Cruz, Daniel Leobardo Ochoa-Martínez*, Javier Hernández-Morales, Posgrado en Fitosanidad-Fitopatología. Colegio de Postgraduados Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, CP. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México; **Erika Janet Zamora-Macorra**, Universidad Autónoma Chapingo Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, CP. 56230, Texcoco, Estado de México; **Sergio Ramírez-Rojas**, Campo Experimental Zacatepec: CEZACA-INIFAP Km. 0.5 Carretera Zacatepec-Galeana; CP. 62780, Colonia Centro; Zacatepec, Morelos. * Autor para correspondencia: ldaniel@colpos.mx

Recibido: 25 de Enero, 2018.

Aceptado: 24 de Abril, 2018.

Martínez-Cruz J, Ochoa-Martínez DL, Hernández-Morales J, Zamora-Macorra EJ, Ramírez-Rojas S. 2018. Leafhoppers that carry begomoviruses on roselle crop (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 36(2): 321-330.

DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1801-4

Primera publicación DOI: 03 de Mayo, 2018.

First DOI publication: May 03, 2018.

Resumen. Los virus del género *Begomovirus* tienen una distribución mundial y a la fecha se sabe que son transmitidos exclusivamente por *Bemisia tabaci*. En 2016, se reportó un complejo de begomovirus asociados al amarillamiento de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en México, entre los que se encuentra el *Okra yellow mosaic Mexico virus* (OYMMV). Con el propósito de conocer la entomofauna asociada al cultivo de jamaica portadora de begomovirus, se colectaron insectos en plantas con amarillamiento, aclaramiento de nervaduras y mosaico y se analizaron mediante PCR. Se

Abstract. The viruses of the *Begomovirus* genus have a worldwide distribution and to date it is known that they are transmitted exclusively by *Bemisia tabaci*. In Mexico, in 2016, a complex of begomoviruses associated with the yellowing of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) was reported, in which *Okra yellow mosaic Mexico virus* (OYMMV) is present. The objective of this study was to know the carrier insects of begomoviruses associated with roselle. Insects were collected from plants with yellowing, vein clearing and mosaic and analyzed by PCR. Three species of leafhoppers that carry OYMMV were identified: *Trypanalebra maculata*, *Kunzeana scimetara* and *Agallia excavata*. In *T. maculata* and *A. modesta*, *Sida golden mosaic Buckup virus* (SiGMBuV) and *Melon chlorotic leaf curl virus* (MCLCuV) were detected, respectively. This is the first report of leafhoppers as carriers of begomoviruses.

Key words: virus vector insects, *Agallia*, *Trypanalebra*, *Kunzeana*.

identificaron tres especies de cicádelidos portadoras de OYMMV: *Trypanalebra maculata*, *Kunzeana scimetara* y *Agallia excavata*. Asimismo, se encontró que *T. maculata* y *A. modesta* son portadoras de los begomovirus *Sida golden mosaic Buckup virus* (SiGMBuV) y *Melon chlorotic leaf curl virus* (MCLCuV), respectivamente. Este es el primer reporte de cicádelidos portadores de begomovirus.

Palabras clave: insectos vectores de virus, *Agallia*, *Trypanalebra*, *Kunzeana*.

El género *Begomovirus* pertenece a la familia *Geminiviridae*, el cual comprende patógenos que poseen genomas circulares de DNA monocatenario compuesto por uno o dos componentes de 2700-3000 pb, contenidos dentro de partículas icosaédricas (geminadas) incompletas. Son responsables de diversas enfermedades en cultivos de importancia económica en regiones tropicales y subtropicales del mundo (Moffat, 1999). Con base en su gama de hospedantes, insecto vector, organización de su genoma y similitud de secuencias, la familia *Geminiviridae* se divide en siete géneros (Varsani *et al.*, 2009; Varsani *et al.*, 2014). Uno de éstos es el género *Begomovirus* que agrupa más de 60 especies transmitidas exclusivamente por un complejo de especies de *Bemisia tabaci* (Markham *et al.*, 1994). En México, la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es un cultivo de gran importancia económica, Ayutla y Tecoaapa, Guerrero, son los municipios con mayor superficie cultivada a nivel nacional (SIAP, 2015). En el ámbito mundial se reportan cuatro virus asociados al cultivo, *Cotton leaf curl virus* (CLCuV), *Malva vein clearing virus* (MVCV) (Brunt *et al.*, 1996), *Okra mosaic virus* (OkMV) (Stephan *et al.*, 2008) y *Mesta yellow vein mosaic virus* (MYVMV) (Chatterjee *et al.*, 2008). En México, se consignó un complejo de begomovirus asociados

The *Begomovirus* genus belongs to the Geminiviridae family, which includes pathogens that have circular genomes of single-stranded DNA with one or two components of 2700-3000 pb within incomplete icosahedral particles (geminated). They are responsible for several diseases that affect economically important crops in tropical and subtropical regions worldwide (Moffat, 1999). Based on its host range, insect vector, genomic composition and sequence similarity, the Geminiviridae family is divided into seven genera (Varsani *et al.*, 2009; Varsani *et al.*, 2014). One of them is the *Begomovirus* genus that includes over 60 species exclusively transmitted by a *Bemisia tabaci* species complex (Markham *et al.*, 1994). In Mexico, roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) is a crop of great economic importance, and Ayutla and Tecoaapa, Guerrero, are the municipalities with the greatest cultivated area at the national level (SIAP, 2015). Worldwide, four viruses associated with this crop have been reported: *Cotton leaf curl virus* (CLCuV), *Malva vein clearing virus* (MVCV) (Brunt *et al.*, 1996), *Okra mosaic virus* (OkMV) (Stephan *et al.*, 2008) and *Mesta yellow vein mosaic virus* (MYVMV) (Chatterjee *et al.*, 2008). In Mexico, a begomovirus complex was found associated with roselle yellowing, including *Okra yellow mosaic Mexico virus* (OYMMV) (Velázquez *et al.*, 2016). In the 2015 cycle, the disease was detected in two plots in Tecoaapa with 100% incidence. Whitefly populations are very low on crops in that production area. Based on this, the objective of the present study was to find out if there are other insects that carry OYMMV or other begomoviruses.

In 2016, two samplings of the municipalities of Tecoaapa and Ayutla, Guerrero, were done (Table 1). The first sampling took place in the 2015 cycle, from August 3 to 5, when the crop was in its vegetative stage, in locations where there was

al amarillamiento de la jamaica, entre los cuales se encuentra *Okra yellow mosaic Mexico virus* (OYMMV) (Velázquez *et al.*, 2016). En el ciclo 2015 esta enfermedad se presentó en dos parcelas de Tecoaapa con una incidencia de 100%. Siendo además muy bajas las poblaciones de mosquita blanca en el cultivo en esa zona productora. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue conocer si existen otros insectos portadores de OYMMV u otros begomovirus.

Durante 2016 realizaron dos recorridos en los municipios de Tecoaapa y Ayutla, Guerrero (Cuadro 1). El primero del 3 al 5 de agosto cuando el cultivo se encontraba en etapa vegetativa en localidades donde se tuvo una alta incidencia de plantas con amarillamiento en el ciclo 2015. El segundo recorrido se hizo del 26 al 28 de noviembre en la época de cosecha de cálices en sitios donde la incidencia de amarillamiento fue alta en el ciclo 2016. En todos los casos se colectaron insectos de plantas de jamaica y maleza adyacente a ellas que mostraban amarillamiento, aclaramiento de nervaduras y mosaico con una red de golpeo y se colocaron en envases de plástico que contenían etanol 96%. En el laboratorio los insectos se separaron con base en sus semejanzas morfológicas y se mantuvieron a -20 °C. Se tomaron de 2 a 3 individuos de cada grupo de insectos y se extrajo DNA total con CTAB (Sambrook y Rusell, 2001). El resto de los insectos de cada grupo se mantuvieron en alcohol para su posterior identificación en caso de resultar positivos por PCR para begomovirus con el par de iniciadores universales AV494/AC1048 y las condiciones de amplificación reportadas por Wyatt y Brown (1996) que amplifican un fragmento de 550 pb. Los productos amplificados fueron secuenciados y comparados con la base de datos del GenBank. Los insectos que resultaron positivos a begomovirus fueron montados e identificados con claves taxonómicas (Cuadro 1) y fotografiados con un microscopio óptico.

a high incidence of plants showing yellowing. The second sampling took place during the 2016 cycle, from November 26 to 28, when calyces were being harvested, in plots where the incidence of yellowing was high. In all cases, insects were collected with a sweep net from roselle plants and surrounding weeds showing yellowing, vein clearing and mosaic, and placed in plastic containers containing 96% ethanol. In the laboratory, the insects were separated according to their morphological similarities and kept at -20 °C. Total DNA was extracted from 2 or 3 individuals in each insect group using CTAB (Sambrook and Rusell, 2001). The remaining insects in each group were kept in ethanol to be identified later, in case they tested positive for begomoviruses through PCR using AV494/AC1048 universal primers and under the amplification conditions reported by Wyatt and Brown (1996), which amplify a 550 pb fragment. The amplified products were sequenced and compared to those in the GenBank database. The insects that tested positive for begomoviruses were mounted, identified using taxonomic keys (Table 1) and photographed using an optical microscope.

During the first sampling, insects of the Thysanoptera (207 individuals), Coleoptera (76 individuals) and Hemiptera orders were found. Four families of the Hemiptera order were identified: Membracidae (17 individuals), Pyrrhocoridae (62 individuals from the *Dysdercus* genus) and Aleyrodidae and Cicadellidae. Pérez *et al.* (2009) studied the entomofauna associated with roselle in Chiautla de Tapia, Puebla, and reported 17 species belonging to six orders, 11 families and 19 genera. The authors reported *Atta mexicana*, *Sphenarium purpurascens*, *Melanoplus* spp. and *Aphis gossypii* as pests that cause considerable damage to the roselle crop, but they were not found in this study. The density of leafhoppers observed was higher than that of whiteflies.

Cuadro 1. Insectos del orden Hemiptera asociados a jamaica en 11 localidades de dos municipios de Guerrero.
Table 1. Insects of the Hemiptera order associated with roselle at 11 locations in two municipalities of Guerrero.

Insectos	San José La Hacienda		San Miguel		Ayutla								Tecoanapa								Total			
					Cortijo		Cotzalzin		Tutepec		El Salitre		Cuanacasapa		Xalpatlauhac		Colotepec		Apantla		Pericon			
	A ^v	B ^w	A	B	B		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
<i>Trypanalebra maculata</i>	97	0	1	2	0	0	1	- ^x	-	0	-	2	-	11	3	-	44	-	2	-	-	8	148	23
<i>Kunzeana scimetara</i>	3	2	0	46	1	4	3	-	-	2	-	9	-	13	20	-	12	-	6	-	-	11	45	87
<i>Agallia</i> sp.	2	3	0	11	0	3	4	-	-	0	-	2	-	3	3	-	27	-	2	-	-	20	38	42
Otros cicadélidos ^y	5	0	2	34	2	1	8	-	-	0	-	6	-	10	28	-	20	-	7	-	-	1	72	52
Moscas blancas ^z	57	1	2	5	2	5	0	-	-	1	-	17	-	2	8	-	8	-	1	-	-	10	78	41
Total	164	6	5	98	5	13	16	-	-	3	-	36	-	39	62	-	111	-	18	-	-	50		

^vA: primera colecta: 3-5 de agosto 2016 / ^vA: first sampling: August 3-5, 2016.

^wB: segunda colecta: 26-28 de noviembre 2016 / ^wB: second sampling: November 26-28, 2016.

^x -: sitio no muestreado / ^x -: site not sampled.

^y Cicadélidos no identificados / ^y Unidentified leafhoppers.

^z Complejo de moscas blancas / ^z Whitefly complex.

En el primer recorrido se encontraron insectos de los órdenes Thysanoptera (207 individuos), Coleoptera (76 individuos) y Hemiptera; de este último se identificaron cuatro familias: Membracidae (17 individuos), Pyrrhocoridae (62 individuos del género *Dysdercus*), Aleyrodidae y Cicadellidae. Pérez *et al.* (2009) estudiaron la entomofauna asociada a jamaica en Chiautla de Tapia, Puebla y reportan 17 especies pertenecientes a seis órdenes, 11 familias y 19 géneros. Estos autores mencionan a *Atta mexicana*, *Sphenarium purpurascens*, *Melanoplus* spp. y *Aphis gossypii* como plagas que ocasionan daños considerables al cultivo, las cuales no fueron encontradas en el presente estudio. Se observó que la densidad de cicadélidos fue mayor que las de mosca blanca.

En la primera colecta se analizaron por PCR 45 grupos de insectos de los cuales en ocho se observó el fragmento esperado de 550 pb para begomovirus mediante esta prueba. En insectos obtenidos durante el primer muestreo se detectó al *Okra yellow mosaic Mexico virus* (OYMMV) en *Trypanalebra maculata*, *Agallia* sp., *Kunzeana scimetara* y *A. excavata*, mientras que en *A. modesta* se encontró a *Melon chlorotic leaf curl virus* (MCLCuV) (Figura 1, Cuadro 2). MCLCuV fue reportado por Brown *et al.* (2001) en Guatemala y sugieren que se trata de una nueva especie derivada del grupo *Squash leaf curl virus* (SLCV) que incluye begomovirus bipartitas nativos de América Central y México. MCLCuV no se había detectado antes en jamaica ni en maleza asociada a este cultivo en la zona de estudio. En el segundo muestreo se encontró a OYMMV en *T. maculata* colectada en las localidades de San Miguel y Cortijo. En *Agallia* sp. procedente de Cortijo se encontró a *Sida golden mosaic Backup virus* (SiGMBuV). Stewart *et al.* (2014) señalan que plantas del género *Sida* son hospedantes de SiGMBuV; sin embargo, Ortega *et al.*, (2017) detectaron a OYMMV en plantas de *Sida collina*, *S.*

From the first batch of insects collected, 45 groups of insects were analyzed by PCR, 8 of which were found to have the expected 550-pb fragment of begomovirus. On insects obtained from the first sampling, *Okra yellow mosaic Mexico virus* (OYMMV) was detected in *Trypanalebra maculata*, *Agallia* sp., *Kunzeana scimetara* and *A. excavata*, while in *A. modesta* we found *Melon chlorotic leaf curl virus* (MCLCuV) (Figure 1, Table 2). MCLCuV was reported by Brown *et al.* (2001) in Guatemala, and they suggested that it is a new species derived from the *Squash leaf curl virus* (SLCV) group that includes bipartite begomoviruses native to Central America and Mexico. MCLCuV had not been detected before in roselle or in weeds associated with it in the study area. In the second sampling, OYMMV was found in *T. maculata* collected in San Miguel and Cortijo. *Sida golden mosaic Backup virus* (SiGMBuV) was found in *Agallia* sp. from Cortijo. Stewart *et al.* (2014) point out that plants of the *Sida* genus are SiGMBuV hosts. However, Ortega *et al.* (2017) detected OYMMV in *Sida collina*, *S. aggregata*, *S. acuta*, *S. hankeana* and *Malacra fasiata* plants that were associated with roselle crops in the study area, but no SiGMBuV. This may be due to the fact that OYMMV has a higher transmission efficiency or is better able than SiGMBuV to infect the diversity of *Sida* species in this region. The four insect species that tested positive for begomoviruses belong to the Cicadellidae family. *T. maculata* and *K. scimetara* belong to the Typhlocybinae subfamily, which includes the *Empoasca* genus, including *E. papayae* (Acosta *et al.*, 2017) and *E. devastans* (Hague and Parasram, 1973), known to be the vector of 16SrII phytoplasma that causes papaya bunchy top (PBT) disease (Acosta *et al.*, 2017). Another species from this subfamily known to be a phytoplasma vector is *Alebroides nigroscutellatus*, which transmits the phytoplasma Potato purple top roll (16SrIII-B)

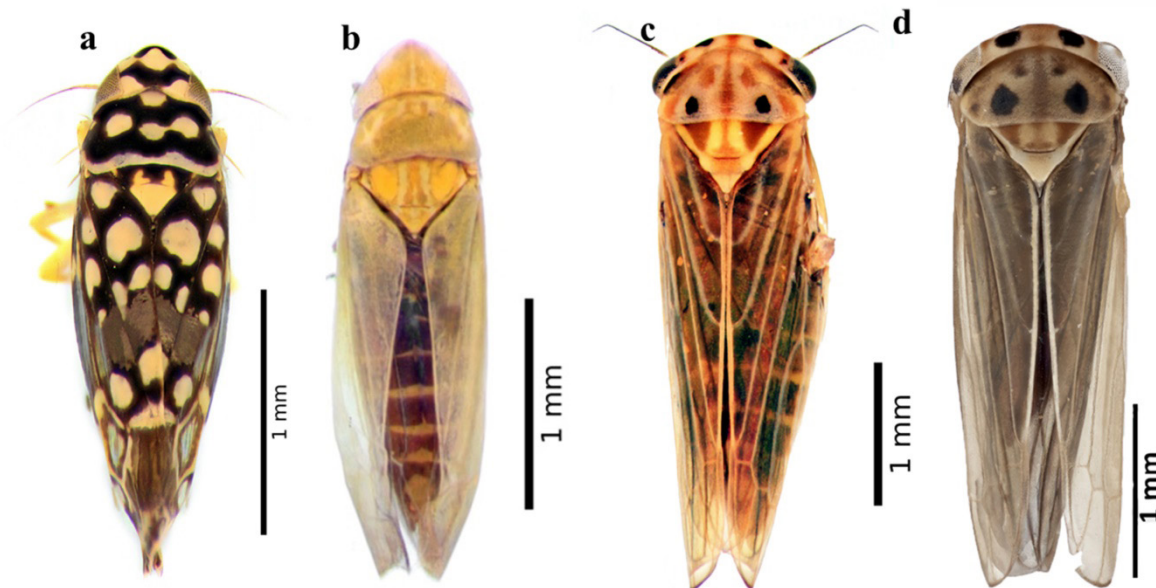


Figura 1. Cicadélidos asociados a jamaica positivos a begomovirus colectados en diferentes localidades de Ayutla y Tecoa-
na, Guerrero. a) *Trypanalebra maculata*; b) *Kunzeana scimetara*; c) *Agallia excavata*; d) *A. modesta*.

Figure 1. Leafhoppers associated with roselle that were collected at different locations in Ayutla and Tecoa-
nana, Guerrero, and tested positive for begomoviruses. a) *Trypanalebra maculata*; b) *Kunzeana scimetara*; c) *Agallia excavata*; d) *A. modesta*.

Cuadro 2. Begomovirus detectados en cicadélidos colectados en plantas de jamaica y maleza con síntomas de amarillamien-
to en dos municipios de Guerrero, México.

Table 2. Begomoviruses detected on leafhoppers collected from roselle plants and weeds showing yellowing symptoms in
two municipalities of Guerrero, Mexico.

Cicadélido	Primer muestreo				Segundo muestreo			
	Localidad/ Municipio	Virus	Similitud (%)	No. acceso	Localidad/ Municipio	Virus	Similitud (%)	No. acceso
<i>Trypanalebra maculata</i>	San José La Hacienda/ Ayutla	OYMMV ^w	95	MG647809	San Miguel/ Ayutla	OYMMV	96	MG647814
					Cortijo/ Ayutla	SiGMBV ^y	92	S.N. ^z
<i>Agallia</i> sp.	San José La Hacienda/ Ayutla	OYMMV	95	MG647810	Cortijo/ Ayutla	SiGMBV	90	MG647815
<i>Kunzeana scimetara</i>	Xalpatlahuac / Tecoanapa	OYMMV	97	MG647811				
<i>A. excavata</i>	Colotepec/ Tecoanapa	OYMMV	94	MG647812				
<i>A. modesta</i>	Colotepec/ Tecoanapa	MCLCV ^x	90	MG647813				

^wOYMMV: Okra yellow mosaic Mexico virus / ^wOYMMV: Okra yellow mosaic Mexico virus.

^xMCLCuV: Melon chlorotic leaf curl virus / ^xMCLCuV: Melon chlorotic leaf curl virus.

^ySiGMBuV: Sida golden mosaic Backup virus / ^ySiGMBuV: Sida golden mosaic Backup virus.

^zNS: No asignado aún por el GenBank / ^zNS: Not yet assigned by the GenBank.

aggregata, *S. acuta*, *S. hankeana* y *Malacra fasiata* asociadas al cultivo de jamaica en la zona de estudio, pero no al SiGMBuV. Lo anterior puede deberse a que el OYMMV posee una mayor eficiencia de transmisión o una mejor capacidad de infectar a las diversas especies de *Sida* que el SiGMBuV en esta región. Las cuatro especies de insectos positivas a begomovirus pertenecen a la familia Cicadellidae. *T. maculata* y *K. scimetara* pertenecen a la subfamilia Typhlocybinae, dentro de la cual se encuentra el género *Empoasca* que incluye a *E. papayae* (Acosta *et al.*, 2017) y *E. devastans* (Hague y Parasram, 1973) conocidas como vectoras del fitoplasma 16SrII causante de la enfermedad papaya bunchy top (PBT) (Acosta *et al.*, 2017). Otra especie conocida como vectora de fitoplasma dentro de esta subfamilia es *Alebroides nigroscutellatus* que transmite el fitoplasma Potato purple top roll (16SrIII-B) (Rojas, 2009). A la fecha no hay reportes de virus transmitidos por especies de esta subfamilia. Dietrich (2013) menciona que los miembros de la subfamilia Typhlocybinae se alimentan preferentemente de las células del parénquima, lo cual sugeriría que hay poca o nula probabilidad de que adquirieran a los begomovirus que están limitados al floema. Por otro lado, *Agallia excavata* y *A. modesta* pertenecen a la subfamilia Deltocephalinae, cuyos miembros se alimentan preferentemente del floema (Zahniser y Dietrich, 2008) y, debido a este hábito alimenticio, podrían ser capaces de transmitir virus. Tal es el caso de *Dalbulus maidis*, vector de *Maize rayado fino virus* (MRFV) causante de una de las enfermedades más importantes que afecta maíz en América Latina (Nault *et al.*, 1980). Dentro del género *Agallia* existen especies como *A. constricta* y *A. cuadripundata* que son vectores confirmados de la variante Nueva Jersey del *Potato yellow dwarf virus* (Rhabdoviridae) y *Wound tumor virus* (Reoviridae) en el este de los Estados Unidos (Belatra *et al.*, 2017).

(Rojas, 2009). To date, no viruses are reported to be transmitted by species of this subfamily. Dietrich (2013) mentions that the members of the Typhlocybinae subfamily prefer to eat parenchyma cells, which suggests that there is low or no probability that they acquired begomovirus that are limited to the phloem. On the other hand, *Agallia excavata* and *A. modesta* belong to the Deltocephalinae subfamily, whose members prefer phloem (Zahniser and Dietrich, 2008) and, given this habit, would be able to transmit viruses. Such is the case of *Dalbulus maidis*, vector of *Maize rayado fino virus* (MRFV) that causes one of the most important diseases affecting maize in Latin America (Nault *et al.*, 1980). Within the *Agallia* genus there are species such as *A. constricta* and *A. cuadripundata*, which are confirmed vectors of the New Jersey variant of *Potato yellow dwarf virus* (Rhabdoviridae) and *Wound tumor virus* (Reoviridae) in eastern United States (Belatra *et al.*, 2017).

Although little is known about the interactions that cause geminivirus-vector specificity, several studies indicate that the coat protein is responsible. Briddon *et al.* (1990) demonstrated that the exchange of the *African cassava mosaic virus* (ACMV) coat protein gene (transmitted by whiteflies) along with the *Beet curly top virus* (BCTV) (transmitted by leafhoppers) altered the vector's specificity and resulted in the transmission of this ACMV chimerical isolate by leafhoppers. On the other hand, Roumagnac *et al.* (2015) recently demonstrated that *Alfalfa leaf curl virus* is transmitted by *Aphis craccivora* and suggested that this virus be considered a new genus within the Geminiviridae family (and proposed it should be named *Capulavirus*), which would include different recently discovered geminiviruses that have no known vector.

Aunque se sabe poco acerca de las interacciones que conducen a la especificidad geminivirus-vector, diversos estudios señalan a la proteína de la cápside como responsable. Briddon *et al.* (1990) demostraron que el intercambio del gen de la proteína de la cápside de *African cassava mosaic virus* (ACMV) (transmitido por mosca blanca) con el *Beet curly top virus* (BCTV) (transmitido por chicharritas), alteró la especificidad del vector dando como resultado la transmisión de este aislado químico de ACMV por chicharritas. Por otro lado, recientemente Roumagnac *et al.* (2015) demostraron la transmisión de *Alfalfa leaf curl virus* por *Aphis craccivora* y sugieren que este virus sea considerado en un nuevo género dentro de la familia Geminiviridae (nombre propuesto *Capulavirus*), que incluiría geminivirus divergentes descubiertos recientemente que no tienen un vector conocido.

En el presente estudio no se detectaron begomovirus en los individuos de *B. tabaci* analizados (No. acceso MG675920). Sin embargo, esta especie se encuentra constituida por múltiples “biotipos” que difieren en su grado de competencia como vector, número y tipo de endosimbiontes y composición genética (Brown *et al.*, 1995). Diversos estudios indican que al menos dos mecanismos diferentes pueden explicar la no transmisibilidad de los begomovirus por moscas blancas: (1) las partículas pierden su capacidad de penetrar en el epitelio intestinal del insecto; (2) los viriones pueden alcanzar la hemolinfa del insecto, pero no pueden asociarse correctamente con la proteína GroEL (Rosell *et al.*, 1999; Morin *et al.*, 2000). Asimismo, se ha demostrado que ciertos aislamientos de *Abutilon mosaic virus* (AbMV) no son transmitidos por *B. tabaci* (Wu *et al.*, 1996; Höfer *et al.*, 1997). En este caso, las células epiteliales del intestino de *B. tabaci* constituyen la primera barrera que los begomovirus deben cruzar para ser transmitidos y es probable que estos aislamientos de AbMV hayan

In this study no begomoviruses were detected in the *B. tabaci* individuals analyzed (Access No. MG675920). However, this species is made up of multiple “biotypes” that differ in their level of competence as a vector, the number and type of endosymbionts, and their genetic composition (Brown *et al.*, 1995). Several studies indicate that at least two different mechanisms can explain the fact that begomoviruses are not transmitted by whiteflies: (1) the particles lose their capacity to penetrate the insect’s intestinal epithelium; (2) the virions can reach the insect’s hemolymph, but they cannot become correctly associated with the GroEL protein (Rosell *et al.*, 1999; Morin *et al.*, 2000). Also, it has been demonstrated that certain *Abutilon mosaic virus* (AbMV) isolates are not transmitted by *B. tabaci* (Wu *et al.*, 1996; Höfer *et al.*, 1997). In this case, the epithelial cells in the intestine of *B. tabaci* are the first barrier that begomovirus must cross in order to be transmitted, and it is probable that those AbMV isolates have lost their capacity to join the receptors within the whitefly’s digestive tract (Morin *et al.*, 2000).

It was demonstrated that *Trypanalebra maculata*, *Kunzeana scimetara*, *Agallia excavata* and *Agallia modesta* collected from roselle plants and weeds associated with yellowing, vein clearing and mosaic are carriers of three begomoviruses.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) for granting the scholarship that allowed the first author to obtain her M.Sc. degree, and Dr. James N. Zahniser, national expert on Heteroptera, USDA-APHIS-PPQ-NIS of the National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, DC, for the taxonomical identification of the leafhoppers included in the present study.

~~~~~ End of the English version ~~~~~



perdido la capacidad de unirse a los receptores dentro del tracto digestivo de la mosca blanca (Morin, *et al.*, 2000).

Se comprobó que *Trypanalebra maculata*, *Kunzeana scimetara*, *Agallia. excavata* y *Agallia modesta* colectadas en plantas de jamaica y maleza asociada con síntomas de amarillamiento, aclaramiento de nervaduras y mosaico son portadoras de tres begomovirus.

#### AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgar la beca para la realización de los estudios de maestría de la primera autora.

Al Dr. James N. Zahniser, especialista nacional de Heteroptera, USDA-APHIS-PPQ-NIS del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, DC por la identificación taxonómica de los cicadélidos estudiados en el presente trabajo.

#### LITERATURA CITADA

- Acosta KI, Zamora L, Piñol B, Quiñones ML, Ramos PL, Luis M, Leyva LNE and Arocha Y. 2017. *Empoasca papayae* Oman, 1937 (Hemiptera: Cicadellidae) the simultaneous vector of phytoplasmas and rickettsia associated with "Bunchy Top Symptom" in Cuba. *Anales de Biología* 39:35-42. Disponible en línea: [https://www.um.es/anales-debiologia/numeros/39/PDF/39\\_2017\\_03.pdf](https://www.um.es/anales-debiologia/numeros/39/PDF/39_2017_03.pdf)
- Belatra O, Boukraa H, Loukche H and Benmessaoud BH. 2017. Potential leafhopper vectors of plant pathogens potato in the high plateaus Algerians (Hemiptera: Cicadomorpha: Auchenorrhyncha). *Advances in Environmental Biology* 11:52-56. Disponible en línea: <http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/aeb/aeb/2017/January/52-55.pdf>
- Bridson RW, Pinner MS, Stanley J and Markham PG. 1990. Geminivirus coat protein replacement alters insect specificity. *Virology* 177:85-94. Disponible en línea: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004268229090462Z>
- Brown JK, Frohlich DR and Rosell RC. 1995. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex. *Annual Review of Entomology* 40:511-534. Disponible en línea: <http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.en.40.010195.002455>
- Brown JK, Idris AM, Rogan D, Hussein MH and Palmieri M. 2001. *Melon chlorotic leaf curl virus*, a new begomovirus associated with *Bemisia tabaci* infestations in Guatemala. *Plant Disease* 85:1027. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2001.85.9.1027C>
- Brunt A, Crabtree AK, Dallwitz MJ, Gibbs AJ, Watson L and Zurcher EJ. 1996. *Plant Viruses Online: Descriptions and Lists from the VIDE Database*. Disponible en línea: [http://sdb.im.ac.cn/vide/famly082.htm#Hibiscus sabdariffa](http://sdb.im.ac.cn/vide/famly082.htm#Hibiscus%20sabdarriffa)
- Chatterjee A, Roy A and Ghosh SK. 2008. Acquisition, transmission and host range of a begomovirus associated with yellow vein mosaic disease of mesta (*Hibiscus cannabinus* and *Hibiscus sabdariffa*). *Australasian Plant Pathology* 37:511-519. Disponible en línea: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1071%2FAP08049.pdf>
- Dietrich CH. 2013. South American leafhoppers of the tribe Typhlocybini (Hemiptera: Cicadellidae: Typhlocybinae). *Zoologia* 30:519-568. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702013000500008>
- Hague SQ and Parasram S. 1973. *Empoasca stevensi*, a new vector of bunchy top disease of papaya. *Plant Disease Reporter* 57:412-413. Disponible en línea: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015001262768;view=1up;seq=436>
- Höfer P, Bedford ID, Markham PG, Jeske H and Frischmuth T. 1997. Coat protein gene replacement results in whitefly transmission of an insect nontransmissible geminivirus isolate. *Virology* 236:288-295. Disponible en línea: [https://ac.els-cdn.com/S0042682297987511/1-s2.0-S0042682297987511-main.pdf?\\_tid=9630256c-fbbd-11e7-a7d8-00000aacb362&acdnat=1516217915\\_b778550a58d8ea340439c09687ff1cf](https://ac.els-cdn.com/S0042682297987511/1-s2.0-S0042682297987511-main.pdf?_tid=9630256c-fbbd-11e7-a7d8-00000aacb362&acdnat=1516217915_b778550a58d8ea340439c09687ff1cf)
- Markham PG, Bedford ID, Liu S and Pinner M. 1994. The transmission of geminiviruses by *Bemisia tabaci*. *Pest Management Science* 42:123-128. DOI: 10.1002/ps.2780420209
- Moffat AS. 1999. Geminiviruses emerge as serious rop threat. *Science* 286:1835. DOI:10.1126/science.286.5446.1835
- Morin S, Ghanim M, Sobol I, and Czosnek H. 2000. The GroEL protein of the whitefly *Bemisia tabaci* interacts with the coat protein of transmissible and nontransmissible begomoviruses in the yeast two-hybrid system. *Virology* 276:404-416. DOI: 10.1006/viro.2000.0549
- Nault LR, Gingery RE and Gordon DT. 1980. Leafhopper transmission and host range of maize rayado fino virus. *Phytopathology* 70:709-712. Disponible en línea: [https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1980Articles/Phyto70n08\\_709.PDF](https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1980Articles/Phyto70n08_709.PDF)
- Ortega AC, Ochoa MDL, Hernández MJ y Ramírez RS. 2017. Identificación de malezas hospedantes de *Okra yellow mosaic Mexico virus* y determinación de su transmisión por semilla. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, México.
- Pérez TBC, Aragón GA, Bautista MN, Tapia RAM y López OJF. 2009. Entomofauna asociada al cultivo de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en el municipio de Chiautla de Tapia, Puebla. *Acta Zoológica Mexicana* 25:239-247. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/pdf/575/57513245001.pdf>
- Rojas MRI. 2009. Insect vectors of phytoplasmas *In: Tropical Biology and Conservation Management - Volume 7: Phytopathology and Entomology*. Eolss Publishers Co Ltd., Oxford, United Kingdom. Disponible en línea: <https://www.eolss.net/sample-chapters/C20/E6-142-TPE-10.pdf>
- Roumagnac P, Granier M, Bernardo P, Deshoux M, Ferdinand R, Galzi S, Fernandez E, Julian C, Abt I, Filloux D, Mes-

- léard F, Varsani A, Blanc S, Martin DP and Mesléard F. 2015. *Alfalfa leaf curl virus*: An aphid-transmitted geminivirus. *Journal of Virology* 89:9683-9688. <http://dx.doi.org/10.1128/JVI.00453-15>
- Rosell RC, TorresJI and Brown JK. 1999. Tracing the geminivirus-whitefly transmission pathway by polymerase chain reaction in whitefly extracts, saliva, hemolymph, and honeydew. *Phytopathology* 89:239-246. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1999.89.3.239>
- Sambrook J and Rusell D. 2001. *Molecular Cloning. A laboratory Manual*. 3rd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press. Disponible en línea: <https://www.cshlpress.com/pdf/sample/2013/MC4/MC4FM.pdf>
- SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx) (Consulta, noviembre 2017).
- Stephan D, Siddiqua M, Hoang AT, Engelmann J, Winter S and Maiss E. 2008. Complete nucleotide sequence and experimental host range of Okra mosaic virus. *Virus Genes* 36:231-240. DOI: 10.1007/s11262-007-0181-1
- Stewart C, Kon T, Rojas M, Graham A, Martin D, Gilbertson R and Roye M. 2014. The molecular characterisation of a Sida-infecting begomovirus from Jamaica. *Archives of Virology* 159:375-378. DOI: 10.1007/s00705-013-1814-4
- Varsani A, Navas CJ, Moriones E, Hernández ZC, Idris A, Brown JK, Murilo ZF and Martin DP. 2014. Establishment of three new genera in the family Geminiviridae: *Becurtovirus*, *Eragrovirus* and *Turncurtovirus*. *Archives of Virology* 159:2193-2203. DOI: 10.1007/s00705-014-2050-2
- Varsani A, Shepherd DN, Dent K, Monjane AL, Rybicki EP and Martin DP. 2009. A highly divergent South African geminivirus species illuminates the ancient evolutionary history of this family. *Virology Journal* 6:36. <https://doi.org/10.1186/1743-422X-6-36>
- Velázquez FP, Zamora MEJ, Ochoa MDL, Negrete FG y Hernández MJ. 2016. Virus asociados al amarillamiento de *Hibiscus sabdariffa* en Guerrero, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 34:200-207. <http://dx.doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1602-1>
- Wu ZC, Hu JS, Polston JE, Ullman DE and Hiebert E. 1996. Complete nucleotide sequence of a nonvector-transmissible strain of Abutilon mosaic geminivirus in Hawaii. *Phytopathology* 86:608-613. Disponible en línea: [https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1996Articles/Phyto86n06\\_608.pdf](https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1996Articles/Phyto86n06_608.pdf)
- Wyatt SD and Brown JK. 1996. Detection of subgroup III geminivirus isolates in leaf extracts by degenerate primers and polymerase chain reaction. *Phytopathology* 86:1288-1293. Disponible en línea: [https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1996Articles/Phyto86n12\\_1288.PDF](https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1996Articles/Phyto86n12_1288.PDF)
- Zahniser JN and Dietrich CH. 2008. Phylogeny of the leafhopper subfamily Deltocephalinae (Insecta: Auchenorrhyncha: Cicadellidae) and related subfamilies based on morphology. *Systematics and Biodiversity* 6:1-24. DOI: 10.1017/S1477200007002617