



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA



**MANEJO DE LOS VIRUS AMV Y CMV PARA INCREMENTAR EL
RENDIMIENTO DE TOMATE DE CASCARA (*Physalis ixocarpa* BROT.)**

Por:

IAF. Josué Prisciliano Juárez Alvarado.

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de
Maestro en Producción Agropecuaria**

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P

Diciembre del 2016



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA



**MANEJO DE LOS VIRUS AMV Y CMV PARA INCREMENTAR EL
RENDIMIENTO DE TOMATE DE CASCARA (*Physalis ixocarpa* BROT.)**

Por:

IAF. Josué prisciliano Juárez Alvarado

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de

Maestro en Producción Agropecuaria

Asesor principal: Dr. José Marín Sánchez

Co-asesor: Dr. Ramón Jarquín Gálvez

Co-asesor: Dr. José Butrón Rodríguez

La Tesis Profesional titulada: “**MANEJO DE LOS VIRUS AMV Y CMV PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO DE TOMATE DE CASCARA (*Physalis ixocarpa* BROT.)**” Fue realizado por: IAF. **Josué Prisciliano Juárez Alvarado**. Como requisito parcial para obtener el título de “Maestro en Producción Agropecuaria” el cual fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

Dr. José Marín Sánchez

Asesor

Dr. Ramón Jarquín Gálvez

Co-Asesor

Dr. José Butrón Rodríguez

Co-Asesor

Ejido de Palma de la Cruz, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí a los 15 días del mes diciembre de 2016.

DEDICATORIAS

A DIOS. Por darme la dicha de vivir y darme la oportunidad de ser la persona con esas grandes oportunidades de salir adelante con mi educación.

A ti Padre José Guadalupe Juárez Méndez. Por ser la persona que me diste tu confianza y cariño. Gracias por tus consejos y tu gran apoyo incondicional y que nunca me dejaste solo, y por ser la mejor herencia que me pudiste haber dejado de ser alguien en la vida y seguir el camino correcto y ser un ejemplo a seguir, y por ser esa persona trabajadora.

A ti Madre Olga lidia Alvarado González. Por darme la vida y tus cuidados sobre todo tu cariño y por darme tu confianza, paciencia, consejos y tu amor hacia mí y mis hermanos, por esos momentos que hemos pasado juntos de risa de tristezas de sufrimientos. Por eso y muchas cosas gracias.

Esta tesis va dedicada para ustedes por ser el resultado de otro logro de mis estudios y por terminar una etapa más de mi vida. **Por todo y mil cosas gracias.**

A mis hermanos y hermana. Juan Bernardo, Iliana Guadalupe, Cesar Daniel y Ángel Luis. Por ser también las mejores personas que más quiero en la vida y que siempre estuvieron con migo en los buenos y malos momentos y por brindarme su cariño, confianza y por todo lo que hemos pasado durante toda la vida en familia. Hermanos porque con ustedes he llegado hasta aquí. **En especial a mis hermanos Cesar Daniel y Juan Bernardo, por crecer cada día más como productores.**

A mis abuelos. Flora Méndez y Prisciliano Juárez. Por su cariño, confianza, apoyo y sus consejos y por esos momentos en los que estuvieron junto a mí y también por ser un ejemplo a seguir. **LOS QUIERO. Y GRACIAS.**

A Yolanda Martínez Montiel. Desde que la conocí en mis inicios de estudios de posgrado, empezamos una gran amistad y que gracias a eso llego a ocupar un lugar muy especial **en mi corazón**, gracias a sus consejos y experiencias que tuvimos, siempre será la mejor persona llegue a conocer. Se la dedico por ese enorme cariño que nos teníamos y que solo los dos sabíamos hasta donde, siempre vivirá en mi recuerdo y será muy especial para mí. **TE QUIERO** y te querré donde quiera que estés.

Al Dr. José Marín Sánchez. Por esa confianza y su valiosa amistad y por ser un ejemplo a seguir y sus grandes y enormes consejos, y por llevarme por el buen camino, gracias doctor por confiar en mí desde la licenciatura, y porque nunca me dejo solo durante todos mis años de estudio.

A Mi familia. Por ser parte de mis experiencias y por sus grandes consejos.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ Y A LA FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA. Por permitirme ser parte de ellas y por darme la dicha de realizar mis estudios profesionales. Porque me enseñaron a valorar y a cumplir todas esas cosas que me fueron dadas para transmitir las dentro y fuera de la institución. **Gracias Facultad.**

Al Consejo Nacional de ciencia y Tecnología (CONACYT). Por la beca otorgada para continuar mis estudios de posgrado. Numero de beca: / 405087. **GRACIAS.**

A MIS ASESORES

Al Dr. José Marín Sánchez. Por su gran apoyo, amistad, confianza, por sus grandes consejos como amigo. Y por tener la dicha de ser su alumno, y que siempre estuvo pendiente durante la realización de este trabajo. Por todo eso y más gracias.

Al Dr. José Butrón Rodríguez. Por su amistad, paciencia, confianza y apoyo. Y por tener la dicha de ser su alumno, por estar conmigo durante todo el desarrollo de este trabajo y por todo el tiempo que me dedico. **GRACIAS.**

Al Dr. Ramón Jarquín Gálvez. Por ser mi profesor y darme su confianza y apoyo. Por estar con la mayor disposición durante la realización de este trabajo. Por todo eso y más gracias.

A Yesenia Castillo Martínez. Por ser una persona maravillosa conmigo y por sus buenos consejos, y por desearme lo mejor en mi vida. **Gracias.**

A LOS PROFESORES QUE ME IMPARTIERON SUS CONOCIMIENTOS.

Al M.C. Carlos Villar Morales.

Al Dr. José Pablo Lara Ávila.

Al Dr. Heriberto Méndez Cortes.

Al Dr. Ovidio Díaz Gómez.

AL Dr. José Luis Lara Mireles.

AL Dr. Jorge Alonso Alcalá Jáuregui.

A LA Doctora Catarina Loredó Osti.

Que me impartieron sus conocimientos, confianza y paciencia, porque sin ustedes no sería esa persona que hoy tiene la dicha de lograr grandes metas, gracias muchas gracias.

A TODOS (AS) LOS QUE LABORAN EN ESTA FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA.

Por darme su apoyo durante toda la carrera y por sus consejos y amistad. Y a todas las personas que laboran en la institución por su apoyo su confianza y su amistad y comprensión.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIAS.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	v
CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	Ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
SUMMARY.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
Hipótesis.....	2
Objetivos.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Generalidades del Tomate de Cáscara.....	3
Origen.....	3
Taxonomía.....	3
Morfología.....	4
Polinización.....	5
Fructificación.....	5
Producción del Tomate de Cáscara.....	5
Plagas del Tomate de Cáscara.....	6
Enfermedades del Tomate de Cáscara.....	7
Virus en Tomate de Cáscara.....	7
Mecanismos de Transmisión.....	7
Mecánica.....	7
Semilla.....	8
Insectos.....	8
Virus que Afectan el Tomate de Cáscara.....	9
Manejo de los Virus Fitopatógenos.....	12

Quimioterapia y termoterapia.....	12
Antivirales.....	13
Utilización de semilla libre de virus.....	13
Manejo de insectos vectores.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS	15
Ubicación del Experimento.....	15
Material Vegetal Utilizado.....	15
Siembra.....	16
Colocación de Plástico para Acolchado y Trasplante.....	16
Inoculación de Virus en Plantas.....	17
Método para la Inoculación de Virus en Plantas.....	17
Manejo de Enfermedades.....	18
Tratamientos Aplicados.....	18
Preparación de los Productos para la Aplicación Foliar.....	19
Variables Evaluadas.....	19
Pruebas Sanitarias.....	20
Pruebas de ELISA.....	22
Diseño Experimental.....	22
Análisis Estadístico.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
Síntomas de Virus en Plantas de Tomate de Cáscara.....	26
Colorimetría con la Prueba DAS-ELISA para CMV y AMV.....	28
CONCLUSIONES.....	30
LITERATURA CITADA.....	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Tratamientos aplicados.....	18
2	Ingredientes activos de los productos comerciales utilizados en este estudio.....	19
3	Cuadrados medios y significancia estadística para las variables, número de frutos por planta, peso de frutos por planta, rendimiento de fruto, carga viral de AMV y CMV.....	23
4	Comparación de las medias y valores de D.M.S de las variables en estudio.....	24
5	Valores de absorbancia obtenidos con la prueba DAS-ELISA para CMV tercera lectura 45 min.....	27
6	Valores de absorbancia obtenidos con la prueba DAS-ELISA para AMV tercera lectura 45 min.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Material vegetal utilizado.....	15
2	Síntomas de virus en plántulas de tomate.....	16
3	Siembra y germinación de plántulas.....	16
4	Plántula de tomate con clorosis y colocación de plástico para acolchado.....	17
5	Tomate con síntomas de virus y macerado de hojas con los virus AMV y CMV para inocularse en plantas de tomate de cáscara.....	17
6	Comportamiento de los valores medios para el peso de frutos por planta en gramos.....	25
7	Comportamiento de los valores medios para el rendimiento de fruto fresco en kg ha ⁻¹	25
8	Comparación de medias de carga viral del <i>Alfalfa mosaic alfamovirus</i> (virus mosaico de la alfalfa, AMV).....	26
9	Comparación de medias de carga viral del <i>Cucumber mosaic cucumovirus</i> (virus mosaico del pepino, CMV).....	26
10	Colorimetría con la prueba DAS-ELISA para CMV y AMV. A los 45 minutos.....	27

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue reducir la incidencia de los virus Cucumber mosaic cucumovirus (virus mosaico del pepino, CMV) y Alfalfa mosaic alfamovirus (virus mosaico de la alfalfa, AMV) e incrementar el rendimiento de fruto en *Physalis ixocarpa* Brot., mediante la aplicación de los biopreparados Q-VIRUS[®], miel al 2%, además del tratamiento testigo (sin aplicación). Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, se evaluó el número y peso de frutos por planta, rendimiento de fruto y la carga viral de los virus CMV y AMV. Con los datos se realizó análisis de varianza y posterior comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), con el paquete estadístico SAS 2004 (Statistical Analysis System). Los resultados obtenidos del análisis de varianza para las variables en estudio, muestran diferencia significativa entre tratamientos ($\alpha = 0.01$), con coeficientes de variación bajos ($< 6.3\%$), excepto el número de frutos por planta con un coeficiente de variación alto ($> 20.0\%$). En la comparación de medias con Tukey, indica que el tratamiento que produjo el mejor efecto sobre el número de frutos fue Q-VIRUS[®]; para el peso de frutos Q-VIRUS[®] y la miel al 2% tuvieron el mismo efecto estadísticamente; para el rendimiento de fruto ha⁻¹ Q-VIRUS[®] y la miel fueron estadísticamente iguales, el tratamiento que tuvo la menor carga viral del AMV fue Q-VIRUS[®], mientras que para CMV Q-VIRUS[®] y la miel al 2% tuvieron igual efecto estadísticamente. El producto Q-VIRUS[®] a base de yodo contribuye a aumentar el número de frutos e incrementar el rendimiento de tomate de cáscara, además de que durante la aplicación, se obtiene un fruto más limpio y mayor reducción de carga viral de los virus CMV y AMV.

Palabras clave: *Physalis ixocarpa*, tomate de cáscara, CMV, AMV.

SUMMARY

The objective of the present work was to reduce the incidence of cucumber mosaic cucumovirus (CMV virus) and alfalfa (alfalfa mosaic virus, AMV) and to increase fruit yield in *Physalis ixocarpa* Brot. Through the application of biopreparates. Q-VIRUS®, honey 2%, in addition to the control treatment (without application). We used the randomized complete block design with three replicates, evaluated the number and weight of fruits per plant, fruit yield and viral load of CMV and AMV viruses. The data were analyzed by means of variance analysis and subsequent comparison of means using the Tukey test ($\alpha = 0.05$) with the statistical package SAS 2004 (Statistical Analysis System). The results obtained from the analysis of variance for the variables under study show a significant difference between the treatments ($\alpha = 0.01$), with low coefficients of variation (<6.3%), except the number of fruits per plant with a coefficient of High variation (> 20.0%). In the comparison of means with Tukey, indicates that the treatment that produced the best effect number of fruits was Q-VIRUS®; For fruit weight, Q-VIRUS® and 2% lamiel had the same effect statistically; For the fruit yield ha-1 Q-VIRUS® and honey were statistically the same, the treatment with the lowest viral load of the AMV was Q-VIRUS®, while for CMV Q-VIRUS® and 2% honey had equal Effect statistically. The Q-VIRUS® product based on iodine contributes to increase the number of fruits and increase the yield of husk tomato. In addition, during application, a cleaner fruit and a greater reduction of the viral load of the CMV and AMV viruses.

Key words: *Physalis ixocarpa*, husk tomato, CMV, AMV.

INTRODUCCIÓN

A pesar de la gran importancia del cultivo, el rendimiento promedio nacional es de 15.58 t ha⁻¹ (SIAP-SAGARPA 2011), el cual es bajo en relación con el potencial productivo, ya que se reportan rendimientos de hasta 63.36 t ha⁻¹ (López *et al.*, 2009). El Estado con mayor superficie cosechada y volumen de producción es Sinaloa, seguido por Michoacán, Jalisco, Estado de México, Sonora y Puebla (Valtierra y Ramos, 2003). Con una superficie a nivel nacional de 43,833.21 has (SIAP, 2015). El municipio con mayor superficie cosechada y volumen de producción en el estado de San Luis Potosí es Ciudad Fernández con una superficie sembrada de 141.00 has, seguido por Ébano, Matehuala, Rioverde y San Luis Potosí con una superficie a nivel estatal de 374.00 has (SIAP, 2014). Este cultivo posee grandes perspectivas en el mercado, ya que, al ser un sustituto del jitomate, puede cotizarse a un alto precio, en ocasiones superiores al de éste, debido al aumento de su exportación hacia Estados Unidos de América y Canadá (Peña y Santiaguillo, 1999). Aguilar (1993) menciona que hay ocho especies de insectos actuando como plagas del tomate de cascara en Villa de Arista y Venado, San Luis Potosí, entre las que se encuentran la pulga saltona *Epitrix* sp., el gusano del fruto *Heliothis subflexa* (Güenee), el pulgón *Myzus persicae* (Sulzer), y el picudo del toloache *Trichobaris* sp. Los estudios más recientes en nuestro país, sobre la incidencia de mezcla en virus, indican que se presentan tanto complejo de virus de ADN como de ARN, y generan síntomas como defoliación, marchitez y proliferación de hojas (INIFAP, 2008; ICTV, 2014). De acuerdo con Tun *et al.* (2007), los virus Cucumber mosaic cucumovirus (virus mosaico del pepino, CMV), Alfalfa mosaic alfamovirus (virus mosaico de la alfalfa, AMV) pueden causar hasta el 100% de pérdidas en la producción.

El AMV se transmite de manera no persistente por más de quince especies de áfidos, entre los que se encuentran *Acyrtosiphon pisum*, *A. solani*, *Aphis craccivora*, *A. fabae*, *A. medicaginis*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus ligustri*, *M. persicae* y *Phorodon cannabidis*. Este virus también se transmite a través de las semillas de alfalfa (*Medicago sativa* L.), chile (*Capsicum annuum* L.) y algunas malezas (ICTV, 2014). El virus

mosaico del pepino, presenta una gama de huéspedes naturales muy amplia; afecta a más de 775 especies de 365 géneros pertenecientes a 85 familias de mono y dicotiledóneas, principalmente a Crucíferas, Solanáceas y Cucurbitáceas, siendo a nivel mundial el primer causante de pérdidas económicas en hortícolas y ornamentales cultivadas al aire libre (ICTV,2014). En las plantas, los síntomas pueden variar desde simples cambios de color hasta necrosis severa o muerte súbita. En algunos otros casos los síntomas son casi imperceptibles como en los hospedantes asintomáticos (INIFAP, 2008; ICTV, 2014). Villegas *et al.* (2001), señalan que la aplicación de miel de abeja al follaje favorece el depósito de aproximadamente 33 % de glucosa.

Justificación

Las enfermedades virales en tomate de cáscara representan el mayor problema a nivel nacional en este cultivo, tanto por el daño que causan, como por la dificultad que implica su control (PRODUCE, 2005). En este cultivo se han detectado el Cucumber mosaic cucumovirus (virus mosaico del pepino, CMV) y Alfalfa mosaic alfamovirus (virus mosaico de la alfalfa, AMV), entre otros (De la Torre *et al.*, 2002). Las enfermedades causadas por estos virus constituyen un factor que limita la producción de tomate de cáscara, con pérdidas frecuentes hasta del 100%, por lo anterior, es necesario el manejo de los virus AMV y CMV para incrementar el rendimiento de tomate de cáscara (INIFAP, 2008).

Hipótesis

Con la aplicación de biopreparados se reduce la carga viral del AMV y CMV en tomate de cáscara.

Aplicar miel al 2% y Q-VIRUS[®] incrementa el rendimiento en tomate de cáscara.

Objetivos

Reducir la incidencia del Cucumber mosaic y Alfalfa mosaic alfamovirus en *Physalis ixocarpa* Brot., mediante la aplicación de biopreparados.

Incrementar el rendimiento de fruto en *Physalis ixocarpa* Brot.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del Tomate de Cáscara

Origen

El tomate de cáscara, también llamado tomate verde, tomatillo o tomate de milpa, fue conocido desde tiempos remotos por los aztecas y mayas. Se han localizado vestigios de su uso como alimento en excavaciones hechas en el valle de Tehuacán, Puebla que datan del año 200 al 900 a.c. La palabra tomate proviene del vocablo náhuatl “ayacachtomatl” cuyas etimologías corresponden a: ayacah (tli) = sonaja, cascabel y tomatl = tomate. Lo que hace suponer que es originaria de América y muy probablemente de México. Aunque se tienen evidencias de que crece en forma silvestre desde California en los Estados Unidos hasta Guatemala y Nicaragua (Sánchez *et al.*, 2006).

Taxonomía

Existe gran controversia en la taxonomía de *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem., ya que presenta diferentes sinónimos taxonómicos; también se le conoce como *Physalis aequata* J. Jacq.ex Nees, *Physalis chenopodifolia* Willd., *Physalis laevigota* M. Martens&Galeotti, *Physalis Philadelphica* f. pilosa Waterf., *Physalis Philadelphica* var. minor Dunal y *Physalis Philadelphica* Lam. (Santiaguillo *et al.*, 2010).

Clase: Dicotiledoneae (Magnoliopsida)

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Solaneae

Género: *Physalis*

Especie: *ixocarpa* Brot ex Hornem

Morfología

Es una planta herbácea anual, erecta, extendida de 40 a 120 cm de altura, glabra, las partes jóvenes con algunos tricomas simples. Tallo con ramificación dicotómica cilíndrico, vigoroso, herbáceo en las primeras fases de desarrollo tanto en hojas como en ramas, se presentan pubescencias que van desapareciendo a medida que la planta crece, su altura varía de 0.4 a 0.9 metros, el diámetro del tallo principal es de aproximadamente 12 mm a los 56 días, con ramas primarias de 9 mm que llegan a extenderse a un metro de longitud. Hojas alternas, limbo ovado a lanceolado, son, simples sin estipulas; grandes y ovaladas, de 5-11 cm de largo por 4-6 cm de ancho, con su base atenuada y ápice ligeramente acuminado, con márgenes irregularmente dentados, presenta 6 dientes por cada lado, son glabras en ambas caras, los pecíolos son de 5 a 6 cm de largo. Flores individuales y axilares, corola amarilla, con un diámetro de apertura de aproximadamente 2.5 cm en promedio, asimétrica en la base, es decir con la corola en forma de estrella o rueda abierta con el tubo muy corto, ovario súpero, el cuello pubescente, máculas simples purpuras a azules, estambres con anteras azules, convolutas (retorcidas) después de la dehiscencia, las flores son perfectas pero presentan autoincompatibilidad gametofítica, ovario con pistilo ligeramente corto de estigma pequeño. Fruto es una baya succulenta que al madurar varía de amarillo al verde en distintas tonalidades, alcanzando hasta el color morado. Su tamaño varía desde 2 cm de diámetro hasta 5.5 cm. Su sabor varía del ácido al dulce pasando por el agridulce. Cáliz glabro, globoso o con diez líneas tenues, muy inflado sobre la baya, de color verde con tonalidades purpuras en la base. Semillas muy pequeñas y de color crema pálido, tienen forma de disco con diámetro menor de 3 mm y espesor menor de 0.5 mm pueden empezar a abrirse aun dentro del fruto maduro, testa lisa; el peso de 1000 semillas alcanza un promedio de 1.3 g y un fruto contiene aprox. 300 semillas (Vargas *et al.*, 2003).

Polinización

En las plantas de tomate de cáscara no es posible la autopolinización ya que según Pandey (1957), presenta autoincompatibilidad gametofítica, que está determinada por dos loci independientes, cada uno con alelos múltiples, que se manifiesta después de la polinización. Cuando uno o dos alelos presentes en el polen también lo están en el estilo; el polen generalmente no llega a germinar y cuando germina el tubo polínico no penetra en el estigma, por lo que se comporta como una planta alógama obligada de polinización cruzada. La polinización natural es llevada a cabo principalmente por insectos, donde las abejas por lo general realizan esta labor., una vez que la flor es polinizada se cierra y ya no se abre, luego se marchita y cae (Pérez *et al.*, 1997)

Fructificación

Saray y Loya (1977) mencionan que el cuajado de frutos fecundados en tomate de cáscara, se inicia con el desarrollo del ovario de los 35 a los 45 días, en este momento el cáliz que cubre el ovario se forma y dentro de él se inicia la fructificación, con un fruto pequeño bien definido en proceso de desarrollo. Regularmente del cuajado del fruto a la maduración se lleva alrededor de 20 a 22 días. Una planta de tomate de cáscara llega a producir hasta 90 frutos de los cuales no todos amarran. Existe relación entre el peso promedio por fruto y número de estos. El promedio de frutos por planta es de 14 con un rango de 7 para planta erecta amarilla y 19 por planta para tipo rastrera y erecta verde. El peso promedio del fruto es de 33.3 g, siendo para el tipo rastrero amarillo de 40.25 g, y 22.89 g, para tipo erecto verde (Cartujano *et al.*, 1985).

Producción del Tomate de Cáscara

El tomate de cáscara se desarrolla en condiciones del medio de germinación con pH de 6 a 7, temperaturas de 20 a 30 °C para la germinación y de 22 a 25 °C para el

crecimiento vegetativo. En la etapa de floración requiere de 30 a 32 °C. Las etapas críticas en cuanto a requerimientos de humedad corresponden a la germinación y emergencia, así como al trasplante. Durante el resto del ciclo, incluyendo la floración necesita de un 60% de la capacidad hídrica del suelo (Saray y Loya, 1977).

La época de siembra es acorde con la zona productora y se asocia con el periodo libre de heladas o bien temperaturas excesivas. Los surcos comúnmente se realizan a un metro de distancia colocando dos plantas por mata cada 60 centímetros (Salazar, 2002), en algunos casos a 1.25 m. Martínez *et al.* (2004) recomienda distancia entre surcos de 1.2 a 1.8 m y plantar a doble hilera una planta por cada 20 cm; en sistemas de riego por goteo el establecimiento se lleva a cabo en siembra directa o por trasplante siendo este último el más recomendado, ya que el buen manejo en almácigo permite contar con plántulas vigorosas y uniformes. El momento óptimo del trasplante se alcanza cuando la plántula tiene de tres a cuatro hojas verdaderas o bien cuando la plántulas tengan de 15 a 29 días (Peña *et al.*, 1991).

Plagas del Tomate de Cáscara

Existe una amplia variedad de insectos plaga de importancia en el cultivo del tomate, relacionados con diferentes factores; entre ellos se puede citar al periodo de siembra en el que se establece el cultivo, la exigencia del mercado de productos de calidad estética perfecta y por el manejo intensivo con un abundante uso de agroquímicos (PRODUCE, 2005).

Aguilar (1993), menciona que hay ocho especies de insectos actuando como plagas del tomate de cascara en Villa de Arista y Venado, San Luis Potosí, entre las que se encuentran pulga saltona *Epitrix* sp., gusano del fruto *Heliothis subflexa* (Guenee), pulgón *Myzus persicae* (Sulzer), y picudo del toloache *Trichobaris* sp.

Las principales plagas del tomate de cáscara son *Bactericera* (=Paratrioza) *cockerelli*, *Diabrotica undecimpunctata*, *Trialeurodes vaporariorum*, *Lema trilineata*,

Epitrix sp., *Macrodactylus mexicanus* (Jiménez *et al.*, 1992), *Liriomyza* sp., *Heliothis subflexa* (Martínez *et al.*, 2004), *Melanagromyza tomatarae* (Bautista y Morales, 2000), *Spodoptera exigua*, *Polyphagotarsonemus latus*, *Frankliniella* spp., *Myzus persicae* (PRODUCE, 2005) y *Trichobaris championi*.

Enfermedades del Tomate de Cáscara

Saray y Loya (1978) mencionan que en el estado de Morelos, la cenilla *Oidium* sp., daña al tomate de cáscara después de la floración y puede defoliar por completo las plantas, lo que ocasiona exposición de frutos al sol y éstos caen prematuramente.

Piña y Ponce (1990) señalan que el carbón u ojo de rana (*Entyloma australe*) ocasiona manchas blancas redondas en forma de pústulas que inician en las hojas inferiores y pueden cubrir toda la planta hasta defoliarla por completo. Mendoza (1996) menciona también los siguientes patógenos asociados al tomate de cáscara: *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum* y *Cercospora physalidis*. También existen reportes de la presencia de *Phytophthora infestans*, *Rhizoctonia solani* y *Pythium* sp., (PRODUCE, 2005).

Virus en Tomate de Cáscara

Las enfermedades virales en tomate de cáscara representan el mayor problema a nivel nacional, tanto por el daño que causan, como por la dificultad que implica su control (PRODUCE, 2005). En este cultivo se han detectado el Cucumber mosaic cucumovirus (virus mosaico del pepino, CMV) y Alfalfa mosaic alfamovirus (virus mosaico de la alfalfa, AMV), entre otros (De la Torre *et al.*, 2002).

Mecanismos de Transmisión

Mecánica

La transmisión mecánica ocurre de diferentes formas: cuando entran en contacto las hojas de una planta enferma con las hojas de una planta sana, a través de las

herramientas de trabajo en el campo, de las manos o ropas de los trabajadores, así como de animales que se mueven de una zona enferma a otra sana llevando consigo las partículas virales y facilitando la expansión de la virosis. Este tipo de transmisión ha sido fundamental en estudios relacionados con la etiología de las enfermedades infecciosas en plantas, ya que de forma general este es el tipo de transmisión que más se utiliza en trabajos experimentales. Un sin número de virus como el virus X de la papa, el virus mosaico del tabaco o el virus mosaico del pepino, responsables de cuantiosas pérdidas en la agricultura, se transmiten de esta forma (Agrios, 2005).

Semilla

Más de 100 tipos de virus, son transmitidos a través de semillas, aunque en general, solo una porción de semillas provenientes de plantas infectadas van a transmitir la enfermedad. La frecuencia de transmisión depende en gran medida de la relación que se establece entre el virus y la planta hospedante y del estadio de desarrollo de la planta madre en el momento de la infección. En algunos casos, aproximadamente la mitad de las semillas transportan el virus y en otros el total de las semillas lo transmiten (Alegbejo, 1986; Hull, 1988 y Abou-Jawdah *et al.*, 2000).

Insectos

Por último, aunque no por ello menos importante, es necesario referirse a la transmisión por áfidos, constituyen el grupo de insectos vectores de mayor importancia en la transmisión de virus de plantas. Son insectos gregarios que forman colonias en las plantas infectadas. De forma general, diversas especies de áfidos son capaces de transmitir un mismo virus y a su vez una misma especie del vector puede transmitir una amplia gama de virus de plantas. En otros casos, la relación que se establece entre el virus y el vector es altamente específica (Aramburu *et al.*, 2006 y Holman, 1974).

Los potyvirus son transmitidos por áfidos de forma no persistente, donde el insecto adquiere el virus después de permanecer solo unos segundos (alrededor de 30 segundos) en la planta enferma y posteriormente son capaces de inocularlo en la planta sana

transfiriéndole la infección. Se utiliza también la clasificación de "no circulativo" porque el virus en ningún momento atraviesa las barreras del canal digestivo del vector, ni pasa a la hemolinfa o a las glándulas (Agrios, 2005).

Virus que Afectan el Tomate de Cáscara

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* BROTT.)” es susceptible a 35 diferentes virus (Plant Viruses Online, 1997).

AMV (Alfalfa mosaic alfamovirus)

Transmitido por *Myzus persicae* y al menos otras 13 especies de Aphididae. Se transmite de forma no persistente, por inoculación mecánica y por injerto; no se transmite por contacto entre plantas. Se transmite además por polen y semilla (50% en semillas de alfalfa de plantas infectadas individuales y hasta 10% en semillas comerciales. Produce lesiones locales cloróticas; manchas sistémicas cloróticas y necróticas que distinguen a este virus del virus del mosaico del pepino.

CMV (Cucumber mosaic cucumovirus)

Transmitido por más de 60 especies de insectos de forma no persistente, donde se incluyen *Acyrtosiphon pisum*, *Aphis craccivora* y *Myzus persicae* de Aphididae. También se transmite por inoculación mecánica y semilla. Como síntomas, produce lesiones locales cloróticas y mosaicos sistémicos.

TEV (Tobacco etch potyvirus)

Transmitido por más de 10 especies de insectos especialmente *Myzus persicae* de Aphididae. Se transmite de forma no persistente y también por inoculación mecánica; no por semilla y produce lesiones necróticas locales; mosaicos y distorsión foliar.

PepMoV (Pepper mottle potyvirus)

Transmitido de forma no persistente por *Aphis gossypii*, *A. craccivora* y *Myzus persicae* de Aphididae; así como por inoculación mecánica e injerto. No se transmite por

contacto entre las plantas; ni por semilla. Produce manchado sistémico severo en todos los cultivares, lesiones necróticas y muerte de plantas jóvenes.

PSV (Peanut stunt cucumovirus)

Transmitido de forma no persistente por *Aphis craccivora*, *A. spiraecola* y *Myzus persicae* de Aphididae, e inoculación mecánica y por semilla; (0,1% en *Arachis hypogaea*). Dentro de los síntomas, se menciona la presencia de lesiones locales cloróticas y moteadas.

LMMV (Lamium mild mottle fabavirus)

Transmitido de forma no persistente por *Cryptomyzus alboapicalis* y *Myzus persicae* de Aphididae. Así como a través de inoculación mecánica. Produce lesiones locales cloróticas o necróticas y clorosis.

APMoV (Potato andean mottle comovirus)

Virus transmitido por inoculación mecánica; injerto y por contacto entre plantas; no transmitido por semilla. Produce necrosis sistémica y mosaico sistémico suave.

PLRV (Potato leafroll luteovirus)

Transmitido por *Myzus persicae* y *Macrosiphum euphorbiae*. Produce amarillamiento y clorosis intervenal; las hojas inferiores de las plantas afectadas se tornan ligeramente laminadas.

CLRV (Cherry leaf roll nepovirus)

Transmitido por *Xiphinema coxi*, *X. diversicaudatum* y *X. vuittenezi*. La cepa del mosaico del olmo no es transmitida por *X. americanum*, tampoco por *Myzus persicae*; es un virus transmitido por inoculación mecánica e injerto. Produce lesiones locales cloróticas o necróticas, moteados y deformación foliar.

ArMV (Arabis mosaic nepovirus)

Transmitido por su vector natural *Xiphinema bakeri*, *X. coxi*, *X. diversicaudatum*; por inoculación mecánica, injerto y semilla (en 20 especies de 14 familias, hasta el 100% de infección). Produce lesiones locales como moteados y clorosis.

BMV (Beet mild yellowing luteovirus)

Transmitido de manera no persistente por *Myzus persicae*, *M. sciamyzus ascolonicus* y *M. nectarosiphon*. Virus retenido cuando el vector muda, aunque no se multiplica en éste y no se transmite congénitamente a su progenie. Produce amarillamiento y enrojecimiento de las hojas más viejas.

DNV (Datura necrosis potyvirus)

Virus transmitido por inoculación mecánica, cuyos síntomas consisten en lesiones locales, necrosis, y moteado en las plantas afectadas.

BBWV, BBWV-1, BBWV-2 (Broad bean wilt fabavirus)

Transmitido por inoculación mecánica y a través de los vectores *Acyrtosiphon pisum*, *Aphis craccivora*, *A. faba*, *A. nasturtii*, *Macrosiphum euphorbiae*, *M. solanifolii*, y *M. persicae* de Aphididae de forma no persistente. Produce lesiones locales cloróticas; epinastía, distorsión foliar, moteados y marchitez.

EGMV (eggplant green mosaic potyvirus)

Virus transmitido por inoculación mecánica, cuyos síntomas consisten en clorosis y necrosis en las plantas infectadas.

PBRV (Potato black ringspot nepovirus)

Virus transmitido por inoculación mecánica e injerto; no se transmite por contacto entre las plantas; ni a través de semilla. Produce clorosis.

ASPV (Apple stem pitting virus)

Virus transmitido por inoculación mecánica e injerto. Produce amarillamiento y necrosis foliar.

ToMV (Tomato mosaic tobamovirus)

Virus transmitido por inoculación mecánica, injerto, por contacto entre plantas y a través de semilla (hasta un 94% en tomate; el virus se encuentra en el exterior de la semilla, a veces en endospermo, pero no embrión). Produce mosaico y necrosis.

TSWV (Tomato spotted wilt tospovirus)

Es transmitido por inoculación mecánica, injerto y a través de *Thrips tabaci*, *T. setosus*, *Frankliniella schultzei*, *F. occidentalis*, *F. fusca* y *Scirtothrips dorsalis* de Thysanoptera, de manera persistente. Virus retenido cuando el vector muda; se multiplica en el vector (probablemente) pero no transmitido congénitamente a su progenie. Produce manchas negras locales., amarillamientos, mosaicos y deformación foliar, además de manchas cloróticas con centros necróticos en cotiledones (Plant Viruses Online, 1997).

Manejo de Virus Fitopatógenos

Quimioterapia y termoterapia

Ante la transmisión de virus por semilla y vegetativamente, el cultivo de meristemos se utiliza en muchas especies para su erradicación y restaurar la sanidad de los materiales para la producción. Técnicas como la termo y quimioterapia solas o en combinación con el cultivo de meristemos también se utilizan para este fin. Algunas estrategias como el calor húmedo y quimioterapia se han usado para desactivar virus fitopatógenos (Córdoba *et al.*, 2007). Con el objetivo de establecer una metodología que permitiera la regeneración de plantas a partir del cultivo de meristemos de chayote y evaluarla como medio para la limpieza del virus del mosaico del chayote en plantas infectadas se probó la termo y quimioterapia aplicadas a vitroplantas y meristemos, respectivamente, sin embargo afectaron negativamente el desarrollo de los explantes y no permitieron su regeneración. Con la incubación de brotes de chayote en Ribavirina® (virazol) se logró la erradicación del virus, pero las plántulas regeneradas mostraron poco crecimiento, amarillamiento y poco o ningún desarrollo de raíces, por lo que los

resultados parecen indicar que el cultivo de meristemos apicales de las plantas infectadas es la práctica más recomendable para lograr su regeneración y libres del ChMV (Abdelnour-Esquivel *et al.*, 2006).

Antivirales

Ramírez *et al.* (2006) evaluaron el efecto de la miel en la concentración de TSWV detectando disminución a los 50 días del tratamiento. Por su parte los extractos de *Mirabilis jalapa*, crudos y purificados tienen una proteína inactivadora de ribosomas (RIP), también llamada MAP (Mirabilis antiviral protein), con actividad antiviral; tanto crudo como purificado, el extracto tuvo efecto en virus transmitidos por inoculación mecánica como son: potato virus X, potato virus Y, potato leaf roll virus, así mismo contra el viroide potato spindle tuber viroid (Vivanco *et al.*, 1999). Un análisis fitoquímico indicó la presencia de alcaloides, flavonoides, fenoles, glicosidos, taninos, saponinas y lignanos (Kiran *et al.*, 2010). En una especie diferente de *M. jalapa*, se encontraron dos proteínas inactivadoras de ribosomas (RIPs) dentro de la clasificación del tipo 1, llamadas ME1 y ME2; esta última muy similar a la proteína inactivadora de tipo I de *Mirabilis Jalapa*. La despurinación del RNA ribosomal 26S (rRNA) de una levadura estas proteínas ME1 y ME2 demostraron inactivar de ribosomas (Vivanco *et al.*, 1999b).

Utilización de semilla libre de virus

Las semillas pueden ser portadoras del virus en tasas elevadas. Se han utilizado los siguientes tratamientos a la semillas con resultados satisfactorios: termoterapia durante 24 horas en estufa a 80°C; si las semillas son de buena calidad, la reducción en el poder germinativo no sobrepasa el 10% (Ortega, 1991).

Manejo de insectos vectores

Se utilizan numerosos insecticidas sintéticos para el control de áfidos como el género *M. persicae*, una de las plagas más estudiadas en las últimas décadas, debido a que ha originado distintos mecanismos de resistencia, de ahí se han utilizado un total de 69 insecticidas de los grupos organofosforados, clorados, carbamatos y piretroides (Fuentes

et al., 2007); situación similar ocurre con *A. gossypii* en la mayoría de las áreas de cultivo de algodón en el mundo entero (Herron *et al.*, 2001). Algunos aceites esenciales derivados de ciertas plantas tienen tanto propiedades insecticidas como acaricidas de amplio espectro sobre insectos de cuerpo blando (Isman, 1999), además son altamente lipofílicos, por lo cual penetran fácilmente en la cutícula del insecto. Los aceites esenciales pueden inhibir la respiración, disminuir la alimentación, afectar el crecimiento, reducir la fecundidad, provocar la disrupción de la cutícula y la actividad sobre el camino de la octopamina en el sistema nervioso central (Akhtar & Isman, 2004). Los aceites esenciales derivados de las plantas tienen un poder de actividad residual corto, con intervalos menores a 12 horas y susceptibles a la degradación por altas temperaturas y luz ultravioleta (Miresmailli & Isman, 2006). Los aceites esenciales son efectivos para el control de *A. gossypii* y *M. persicae* (Isman, 1999).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Experimento

La investigación se desarrolló en el predio “EL JARAL”, localizado en el ejido El Refugio municipio de Cd. Fernández, S.L.P. en el km. 132 de la carretera Rio Verde–Valles. Ubicado geográficamente a los 21°55’64” latitud norte y 100°3’38.94” longitud Greenwich y su altitud es de 1010 m.s.n.m.

Material Vegetal Utilizado

Se sembró la variedad la variedad “GRAN ESMERALDA”, fue proporcionada por productores de la región (Figura 1).



Figura 1. Material vegetal utilizado.

Este material desarrollo varios síntomas de virus (Figura 2).



Figura 2. Síntomas de virus en plántulas de tomate.

Siembra

La siembra se realizó el 1 de noviembre de 2015 en charolas de poliestireno con 338 cavidades y turba (peat moss®) como sustrato, colocándose dos semillas por cavidad, para germinar a los siete días. Después de la emergencia, las plántulas se regaron únicamente con agua, sin solución nutritiva hasta el trasplante (figura 3).

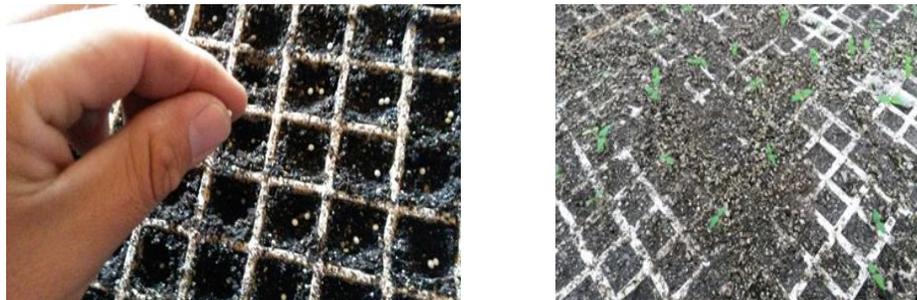


Figura 3. Siembra y germinación de plántulas.

Colocación de Plástico para Acolchado y Trasplante

El día 21 de febrero de 2016, se realizó el trasplante sólo con plántulas que mostraron síntomas de virus, con cinco o seis hojas y una altura de 15 cm (Villa *et al.*, 2009). Su establecimiento fue en acolchado, el cual se colocó el 21 de febrero de 2016 (figura 4).



Figura 4. Plántula de tomate con clorosis y colocación de plástico para acolchado.

Inoculación de Virus en Plantas

Después del trasplante a campo abierto, se realizó la inoculación de virus en plantas de tomate de cáscara para asegurar que todas ellas estuvieran infectadas con AMV y CMV.

Método para la Inoculación de Virus en Plantas

El inóculo se extrajo de plantas con síntomas de virus como mosaicos, clorosis y amarillamiento e infectadas con los virus AMV y CMV para macerarse en un mortero esterilizado que contenía 2 ml de solución tampón ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) pH 7.0. La savia así extraída con los virus AMV y CMV se transfirió al cultivo recién trasplantado, espolvoreando carburundum en dos hojas de cada planta y frotando la savia sobre éstas utilizando isopos de algodón (figura 5).



Figura 5. Tomate con síntomas de virus y macerado de hojas con los virus AMV y CMV para inocularse en plantas de tomate de cáscara.

Manejo de Enfermedades

El manejo de plagas y enfermedades consistió en aplicar los insecticidas Spinetoram: (Spinetoram J + Spinetoram L) para el control de gusano de fruto y para prevenir enfermedades ocasionadas por hongo cenicilla polvorienta se asperjaron 30 gr. l⁻¹ de triadimefon y captan en dosis de 1 gr l⁻¹, principalmente en las temporadas de lluvias y días nublados.

Tratamientos Aplicados

En este estudio se aplicaron los tratamientos “Q-VIRUS[®]” a base de yodo libre, 5 ml L⁻¹, miel al 2%, ‘Miel carlota[®]’ y un testigo absoluto que consistió sin aplicación.

Las dosis de producto en la preparación de los tratamientos, se determinaron por dosis previamente probadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos aplicados.

Tratamiento	Cantidad	Unidades
Miel	20	ml L ⁻¹
Q-VIRUS [®]	5	ml L ⁻¹
Testigo	-	-

El producto Q-VIRUS[®] descrito como: “un producto hecho con base en yodo libre y extractos orgánicos. La parte activa del producto relacionado con el yodo, cuenta con la protección de una patente americana y otra europea. Los efectos de Q-VIRUS[®] son promover la reacción fisiológica de la planta y además inhibir la replicación viral (virustático)” (Quimcasa, 2015a). Para la miel carlota[®], se consultaron los ingredientes (Cuadro 2), en la página online de dicha empresa (Carlota, 2015).

Cuadro 2. Ingredientes activos de los productos comerciales utilizados en este estudio.

Producto	Ingredientes
Q virus®	I.A. Yodo libre: 1.50% Surfactante: 27.00% Vehículo: 71.50%
Miel carlota®	Miel de abeja natural que contiene en una porción de 20 grs: energía (kcal): 60 cal, proteínas 0 g, grasa total 0 g, grasa saturada 0 g, carbohidratos 16 g, fibra dietética 0 g, azúcares totales 16 g y sodio 0 mg. El contenido mineral de la miel es altamente variable, de 0.02 a 1.0%, siendo el potasio cerca de la tercera parte de dicho contenido; la cantidad de potasio excede 10 veces a la de sodio, calcio y magnesio. Los minerales menos abundantes en la miel son hierro, manganeso, cobre, cloro, fósforo, azufre, sílice y níquel. (Carlota, 2015). www.mielcarlota.com.mx

Preparación de los Productos para la Aplicación Foliar

Para la aplicación de los productos de miel se utilizaron 20 mililitros por cada litro de agua; la aplicación de los productos se realizaba cada ocho días durante el desarrollo del cultivo, la primera aplicación se realizó el día 1º de marzo de 2016 dado que fue cuando aparecieron los primeros síntomas de virus en las plantas. Para el producto Q-VIRUS® a base de yodo se aplicaron 5 mililitros por litro de agua.

Variables Evaluadas

En el presente estudio se evaluaron número de frutos por planta, peso fresco de fruto, rendimiento de fruto fresco y la carga viral de CMV y AMV mediante la técnica serológica DAS-ELISA. Y el lector de microplacas.

Para la variable número de frutos por planta se tomaron dos plantas al azar por tratamiento, las cuales se cosecharon y se contó el número de frutos por planta.

Respecto del peso fresco de fruto se tomaron cinco frutos al azar de las plantas cosechadas anteriormente se les removió la cubierta de tejido protector y se pesaron en una balanza digital.

Rendimiento de fruto fresco: Se pesaron los frutos de las dos plantas cosechadas por tratamiento y se estimó el rendimiento en base a una densidad de población de 17,000.00 planta ha⁻¹ en ton ha⁻¹.

Se realizaron un total de 3 cosechas de fruto a lo largo del ciclo (muestreos). La recolección se llevó a cabo de forma manual cuando los frutos obtuvieron la dureza y tonalidad característica de la variedad.

Pruebas Sanitarias

Una vez realizado el último corte de fruto y culminado el ciclo del cultivo, se tomaron hojas de plantas de cada tratamiento conservándose en refrigeración a - 4 °C y realizar las pruebas de detección de virus y determinar la carga viral del AMV y CMV en laboratorio con la técnica serológica DAS-ELISA acorde a los protocolos de Agdia® determinados para los virus referidos. DAS-ELISA es una prueba serológica basada en la utilización de las propiedades inmunológicas de los anticuerpos y en la amplificación de la reacción por una enzima ligada a ellos. Muchas variantes fueron posibles, pero hasta el momento el método directo de "Double Antibody Sandwich" (DAS-ELISA) es el preferido (Lizarraga *et al.*, 1989).

Para determinar umbrales es necesario seguir un protocolo que consta de varios pasos Paso 1. Distribuir tratamientos y repeticiones donde se considera el testigo positivo (planta enferma con virus objetivo), testigo negativo (planta sana), testigo blanco (sin muestra vegetal) y las muestras problema. Paso 2. Calcular el volumen de cada antisuero de acuerdo a la sugerencia del distribuidor. Paso 3. Medir el volumen de amortiguador de cobertura requerido en cada caso, y colocarlo en un vaso de precipitado. Paso 4. Agregar antisuero diluido en amortiguador de cobertura en cada pozo. De acuerdo con el esquema de distribución. Paso 5. Incubar las placas a

temperatura ambiente y luz natural por 4 horas. Paso 6. Por cada muestra colocar 2 gramos de tejido vegetal en este caso tratamientos utilizados Q-VIRUS[®], miel al 2% y testigo añadiendo amortiguador de extracción. Paso 7. Para cada muestra añadir el extracto obtenido en bolsa u otro recipiente que contenga amortiguador de extracción. Paso 8. Lavar las placas con PBSt 1X tres veces. Paso 9. Añadir la muestra diluida (paso 7) en cada pozo correspondiente. Paso 10. Incubar las placas a 4 °C durante toda la noche colocarla (s) dentro de una bolsa de polietileno de tamaño adecuado con papel húmedo para evitar la evaporación del amortiguador. Paso 11. Medir el volumen de amortiguador de conjugado requerido en cada caso debe ser igual al calculado para el amortiguador 2; colocarlo en un vaso de precipitado. Agregar un volumen conjugado (antisuero fosfatasa alcalina). Paso 12. Lavar la (s) placa (s) con PBSt 1X tres veces siguiendo el procedimiento de paso 8. Paso 13. Colocar conjugado diluido en cada pozo. Paso 14. Incubar la (s) placas a temperatura ambiente y luz natural por dos horas colocarla (s) dentro de una bolsa de polietileno de tamaño adecuado con papel húmedo para evitar la evaporación del amortiguador. Paso 15. Preparar volumen adecuado de amortiguador de sustrato, agregar una pastilla de PNP (Agdia, Inc.) por cada cantidad de amortiguador de sustrato y mantenerlo en agitación durante 2-5 minutos para su incorporación. Paso 16. Lavar cada placa (s) con PBSTx IX tres veces siguiendo el procedimiento del paso 8. Paso 17. Colocar cierta cantidad de acuerdo al protocolo, de amortiguador de sustrato + PNP en cada pozo cubriendo todos los pozos útiles. Paso 18. Incubar cada placa (s) a temperatura ambiente y oscuridad total por 15 minutos dentro de una caja de cartón o bolsa oscura dentro de una gaveta. Paso 19. Revisar las placas cada 15 minutos para detectar la reacción positiva, repetir por varias veces de acuerdo al protocolo en este caso la reacción positiva y de mayor confianza fue a los 45 minutos. Sin pasar de la incubación máxima de una hora 30 minutos a dos horas.

Para determinar la concentración viral de cada tratamiento, las placas de ELISA que contenían muestras de cada tratamiento fueron analizadas en un lector de placas electrónico Thermo SCIENTIFIC[®] con absorbancia de 405 nm. Con los datos obtenidos, se establecieron umbrales para determinar muestras positivas y negativas de los virus AMV y CMV a través de la media de los controles negativos más 2 veces su

desviación estándar + (2*DS). Todos los valores de absorbancia por debajo del umbral se consideran negativos (Sutula *et al.*, 1986).

Pruebas de ELISA

Entre las técnicas más utilizadas, confiables y con alta sensibilidad para la identificación de virus es la prueba de ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay), por sus siglas en inglés, ha sido una de las más utilizadas en detección de virus en plantas (Cruz y Frías, 1997). La cual se utilizó para determinar la absorbancia en este trabajo. Para determinar que los valores fueran mayores al umbral se usó la prueba lógica, umbral, "SI", "NO"), los valores con la leyenda "SI", son considerados positivos al virus y los valores con la leyenda "NO" son negativos al virus.

Las muestras que son negativas al virus indican la efectividad de los tratamientos que tienen a disminuir la replicación viral.

Diseño Experimental

Se utilizó el diseño bloques completos al azar con tres repeticiones, para un total de 2 tratamientos y un testigo. Cada tratamiento con 20 plantas por unidad experimental y tres repeticiones, para un total de 60 por cada tratamiento.

Análisis Estadístico

Con los datos obtenidos de cada variable se realizaron análisis de varianza y posterior comparación de medias mediante Tukey ($\alpha = 0.05$) con el paquete estadístico SAS 2004 (Statistical Analysis System).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base a los resultados del análisis de varianza (Cuadro3), las variables en estudio muestran diferencias significativas entre tratamientos con coeficientes de variación bajos (< 6.3%), excepto en el número de frutos por planta con un coeficiente de variación alto (> 20.0%).

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables, número de frutos por planta, peso de frutos por planta, rendimiento de fruto, carga viral de AMV y CMV.

FV	GL	Número de frutos por planta	Peso de frutos por planta	Rendimiento de fruto	Carga viral del AMV	Carga viral del CMV
Modelo	2	10.1111111	3311.7703 *	960214.355 *	0.00523744*	0.00153411*
Error	6	40.2222222	32.971339	9520.130	0.00018611	0.00001722
Total	8					
F Calculada		0.25	100.44	100.86	28.14	89.08
Pr > F		0.7855	<.0001	<.0001	0.0009	<.0001
C.V.		32.99358	1.076961	1.076377	6.264301	1.702356
Media		19.22222	533.1733	9064.777	0.217778	0.243778

(C.V.) coeficiente de variación; FV = Fuentes de variación; GL = Grados de libertad; Pr > F = Probabilidad de F*Significativo al 0.05 %*, con una confiabilidad del 99 %.

Los resultados de la prueba de comparación de medias con Tukey (Cuadro 4), indican que el tratamiento que produjo el mejor efecto sobre el número de frutos fue el Q-VIRUS®; para el peso de frutos fue Q-VIRUS® y la miel al 2% tuvieron el mismo efecto estadísticamente (figura 6), para el rendimiento de fruto en kg ha⁻¹ la aplicación de Q-VIRUS® y la miel fueron estadísticamente iguales (figura 7). El tratamiento que presentó menor carga viral del Alfalfa mosaic alfamovirus (AMV) fue el Q-VIRUS® (figura 8), mientras que para el Cucumber mosaic cucumovirus (CMV), Q-VIRUS® y miel al 2% tuvieron el mismo efecto (figura 9).

Cuadro 4. Comparación de las medias y valores de D.M.S de las variables en estudio.

Tratamiento	Número de frutos por planta	Peso de frutos por planta (gramos)	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)	Carga viral del AMV	Carga viral del CMV
Q-VIRUS®	26.333 a	557.639 a	9482.36 a	0.217667 b	0.19233 b
MIEL 2%	18.333 b	546.533 a	9291.06 a	0.257000 a	0.19500 b
TESTIGO	16.000 b	495.348 b	8420.91 b	0.26600 a	0.256667 a
C.V (%)	11.65561	1.076961	1.076961	1.702356	6.264301
D.M.S	5.9047	14.385	244.43	0.0104	0.0342

Medias con la misma letra en sentido vertical son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha=0.05$): DMS = Diferencia mínima significativa.

La aplicación de antivirales es una alternativa para el tratamiento de enfermedades ocasionadas por virus fitopatógenos. Estos patógenos disminuyen la producción hasta de un 80% (Robles *et al.*, 2010). El tratamiento a base del producto comercial Q-VIRUS® que según Quimcasa (2015a) el yodo bloquea algunos ácidos esenciales. Así mismo, Villegas *et al.* (2001) mencionan que al aplicar miel de abeja sobre el tejido vegetal de las plantas incrementa el depósito en casi 33 % de glucosa lo que aumenta la energía para la absorción de nutrimentos mejorando el vigor de las plantas. (Marín, 2010) menciona que al aplicar miel al 2% actúa como posible inductor de resistencia sistémica. Ramírez *et al.*, (2006) encontraron una diferencia estadística de absorbancia aplicado miel en el tejido y disminuyendo las concentración de virus fitopatógenos. La presencia de los virus encontrados coincide con la detección realizada por De la Torre *et al.* (2002). De acuerdo con Šutić *et al.* (1999), la infección por AMV retarda el crecimiento de las plantas, reduce la floración y amarre de frutos; lo cual coincide con los daños observados en las plantas de tomate de cáscara infectadas con virus.

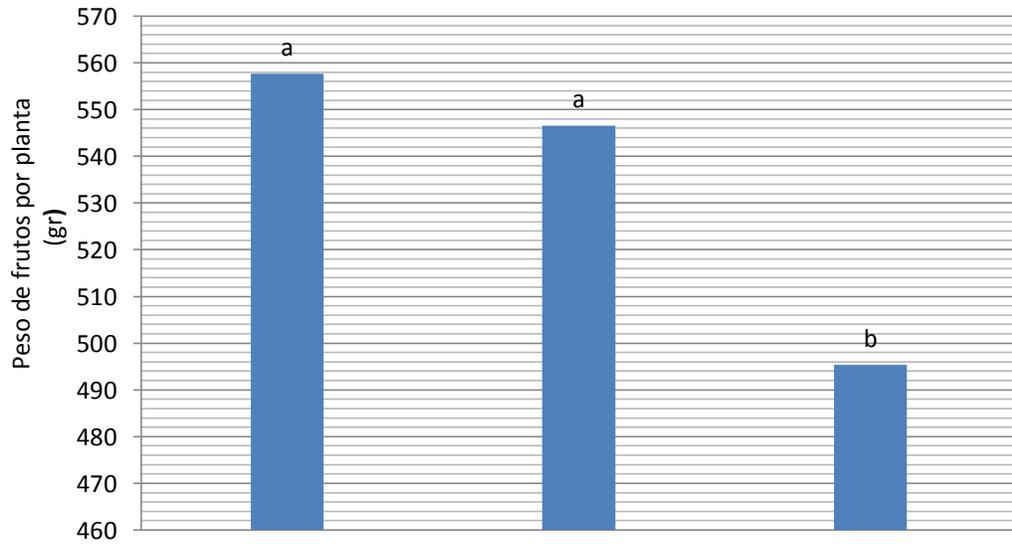


Figura 6. Comportamiento de los valores medios para el peso de frutos por planta en gramos.

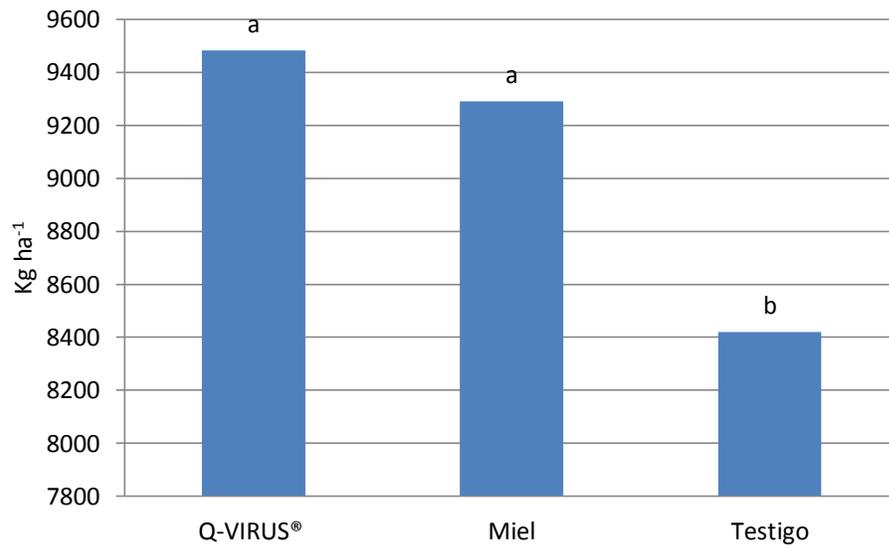


Figura 7. Comportamiento de los valores medios para el rendimiento de fruto fresco en kg ha⁻¹.

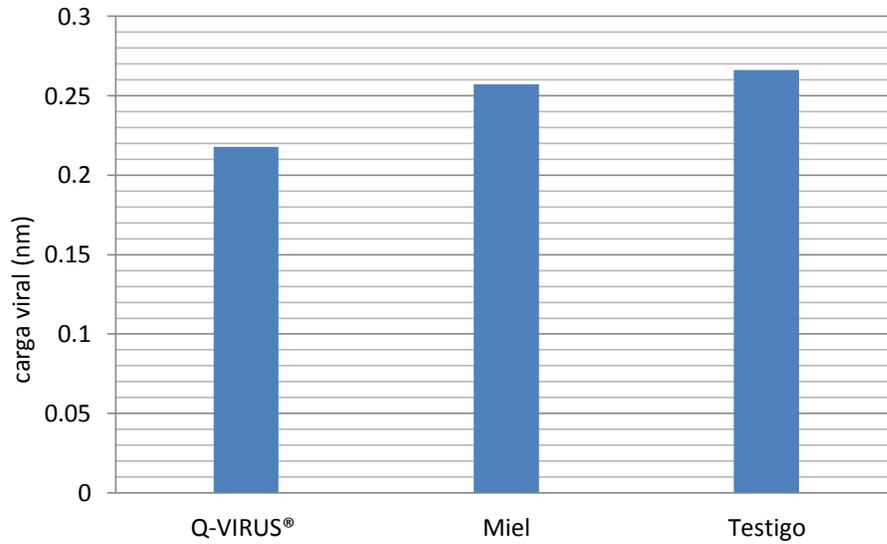


Figura 8. Comparación de medias de carga viral del *Alfalfa mosaic alfamovirus* (virus mosaico de la alfalfa, AMV).

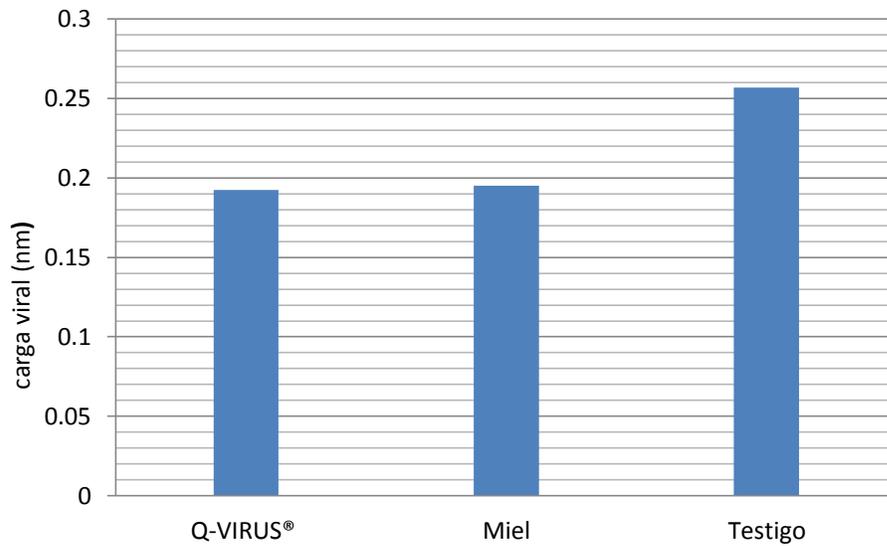


Figura 9. Comparación de medias de carga viral de *Cucumber mosaic cucumovirus* (virus mosaico del pepino, CMV).

Síntomas de Virus en Plantas de Tomate de Cáscara

El día 10 de abril de 2016 se presentaron síntomas de virus en todas las plantas después de la inoculación (figura 7).



Figura 10. Síntomas de virus en plantas de tomate de cáscara inoculadas.

Las muestras negativas al virus CMV, indican la efectividad de los tratamientos disminuir la carga viral. Esta prueba indica que el producto a base de Yodo resulto con valores convenientes, abajo del umbral y fueron negativos para CMV, el tratamiento a base de miel al 2% en los bloques uno y tres fueron positivos con su repetición y el testigo fue positivo en cada bloque (cuadro 5).

Cuadro 5. Valores de absorbancia obtenidos con la prueba DAS-ELISA para CMV tercera lectura 45 min.

Blanco 0.186 NO	Blanco 0.197 NO	Miel bloque II 0.255 NO	Miel bloque II 0.262 NO
Muestra negativa (-) 0.198 NO	Muestra negativa (-) 0.200 NO	Testigo bloque II 0.255 SI	Testigo bloque II 0.257 SI
Muestra positiva (+) 0.580 SI	Muestra positiva (+) 0.589 SI	Virus Q bloque II 0.218 NO	Virus Q bloque II 0.215 NO
Miel bloque I 0.258 SI	Miel bloque I 0.260 SI	Miel bloque III 0.249 SI	Miel bloque III 0.234 SI
Testigo bloque I 0.250 SI	Testigo bloque I 0.255 SI	Testigo bloque III 0.258 SI	Testigo bloque III 0.256 SI
Virus Q bloque I 0.210 NO	Virus Q bloque I 0.218 NO	virus Q bloque III 0.216 NO	Virus Q bloque III 0.217 NO
El umbral para CMV fue de 0.219 .			

(B) blanco; (-) Testigo negativo; (+) testigo positivo (+); Miel; Testigo; Q-VIRUS®.

Para el virus AMV, el producto a base de Yodo fue negativo en cada bloque con su repetición, para el tratamiento a base de miel en los bloques uno y tres fue positivo, el testigo fue positivo superando al umbral descrito para el virus (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores de absorbancia obtenidos con la prueba DAS-ELISA para AMV

tercera lectura 45 min.

Blanco 0.121 NO	Blanco 0.109 NO	Miel bloque II 0.187 NO	Miel bloque II 0.198 NO
Muestra negativa (-) 0.170 NO	Muestra negativa (-) 0.180 NO	Testigo bloque II 0.243 SI	Testigo bloque II 0.250 SI
Muestra positiva (+) 0.298 SI	Muestra positiva (+) 0.282 SI	Virus Q bloque II 0.199 NO	Virus Q bloque II 0.185NO
Miel bloque I 0.188 NO	Miel bloque I 0.189 NO	Miel bloque III 0.199 NO	Miel bloque III 0.198 NO
Testigo bloque I 0.250 SI	Testigo bloque I 0.259 SI	Testigo bloque III 0.248 SI	Testigo bloque III 0.289 SI
Virus Q bloque I 0.198 NO	Virus Q bloque I 0.193 NO	virus Q bloque III 0.180 NO	Virus Q bloque III 0.170 NO
El umbral para AMV fue de 0.2			

(B) blanco; (-) Testigo negativo; (+) testigo positivo (+); Miel; Testigo; Q-VIRUS®.

Colorimetría con la Prueba DAS-ELISA para CMV y AMV.

Antes de que las micro placas se metieran al lector de placas electrónico de la empresa Agdia®. A las muestras de virus se les tomaba el tiempo, dichos tiempos fueron variando hasta que empezaran a tornarse de color amarillo para ver la primera lectura fue a los 15 minutos, siendo a los 30 minutos la segunda lectura por lo cual se empezaba a notar los primeros cambios en la coloración, ya pasando a la tercera lectura y para concluir en esta que fue las factible de acuerdo al procolo de la empresa Agdia® donde la coloración de los pozos fue al 100 % menos el testigo (-) (figura 10).



Figura 10. Colorimetría con la prueba DAS-ELISA para CMV y AMV. A los 45 minutos.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos e hipótesis planteadas en esta investigación se concluye lo siguiente:

Mediante la aplicación de Q-VIRUS[®] al cultivo de tomate de cáscara infectado por los virus Cucumber mosaic cucumovirus (virus mosaico del pepino, CMV) y Alfalfa mosaic alfamovirus (virus mosaico de la alfalfa, AMV) se incrementa el rendimiento de fruto.

Asperjar Q-VIRUS[®] a las plantas de tomate de cáscara infectadas con los virus AMV y CMV logra reducir la carga viral en el cultivo cuyos frutos son de mejor apariencia física.

LITERATURA CITADA

- Abdelnour-Esquivel A., L.C, Bermudez., S. Alvarenga., C. Rivera. (2006). Artículos Cultivo de meristemas, termo y quimioterapia en chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw.) para la erradicación del virus del mosaico del chayote (ChMV). Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 77-27 p.
- Abou-Jawdah., Y, Sobh H, El-Zammar S., Fayyad, A, Lecoq, H. (2000). Incidence and management of virus diseases of cucurbits in Lebanon. *Crop Protection.*; 19:217-224.
- Alegbejo, M. (1986). Aphid transmission of pepper veinal mottle virus. *Samaru J Agric Res.*;4(1-2):7177.
- Aguilar, C, L. (1993). Identificación de insectos plaga en el cultivo de tomate de cascara *Physalis ixocarpa* Brot. en los municipios de Villa de Arista y Venado, S. L. P. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Depto. de Parasitología Agrícola. 32 p.
- Agrios, GN. (2005). *Plant Diseases caused by Viruses. Plant Pathology. Fifth Edition.* Elsevier Academic Press; pp.724-820.
- Akhtar, Y. & Isman, M. B. 2004. Comparative growth inhibitory and antifeedant effects of plant extracts and pure allelochemicals on four phytophagous insect species. *Journal of Applied Entomology*, 128: 32-38.
- Aramburu, J, Galipienso L., Matas M. (2006). Characterization of potato virus Y isolates from tomato crops in northeast Spain. *Eur J Plant Pathol*;115:247-258.
- Bautista, M, N. y O. Morales G. (2000). *Melanagromyza tomaterae* Steykal (Diptera: Agromyzidae) Plaga del Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en México. *Nota Científica. Fol. Entomol. Méx.* 110: 129-130.
- Carlota. (2015). Miel Carlota. En línea (20/09/2015) <http://www.mielcarlota.com.mx/>.
- Cartujano, E, F., Jankiewicz, V, L., Fernandez, O, M., Mulato, B, J, (1985). The development of the husk tomato plant (*Physalis ixocarpa* Brot.). Aerial vegetative parts. *Acta Soc. Bot. Poloniae.* 54:327-338.
- Cruz, F, M. y Frías, T, G, A. (1997). Guía ilustrada de la prueba de Inmunoadsorción con enzimas ligadas para la detección de fitopatógenos. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Subsecretaría de Agricultura y Ganadería, Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria, Dirección General de

Sanidad Vegetal, Centro Nacional de Referencia de Diagnóstico Fitosanitario. México, D.F. 23 p.

- Córdoba, S, M, C., García, Rández, A., Alfaro, F, A., and J, G, C. (2007). Seed transmission of Pepino mosaic virus and efficacy of tomato seed disinfection treatments. *Plant Dis.* 91:1250-1254.
- De La Torre, A. R.; R. Valverde.; J. Méndez L.; J. T. Ascencio I. y R. F. Rivera. B. (2002). Caracterización Preliminar de Geminivirus en Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* B.) en la Región Centro de México. *Agroc.* 36(4): 471-481.
- Fuentes, C, E., Basoalto, E., Sandoval, C., Pavez, P, Leal, C., Burgos, R, y Muñoz, C. (2007). Evaluación de la eficacia, efecto residual y de volteo de aplicaciones en pretrasplante de insecticidas nicotinoides y mezclas de nicotinoide - priretroide para el control de *Myzus persicae* nicotianae (Hemiptera: Aphididae) en tabaco. *Agricultura Técnica (Chile)* 67 (1): 16-22.
- Herron, G.A; Powis, K. & Rophail, J. (2001). Insecticide resistance in *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), a serious threat to Australian cotton. *Australian Journal of Entomology* 40: 85-89.
- Holman, J. (1974). Los afidos de Cuba. Instituto Cubano del Libro, La Habana. 304 p.
- Hull, R., Al-Hakim, A. (1988). Nucleic acid hybridization in plant virus diagnosis and characterization. *TIBTECH.* 6:213-218.
- <http://ictvonline.org/virusTaxonomy.asp> Copyright © (2014), International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV). All rights reserved.
- INIFAP. (2008). Enfermedades del Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle del fuerte Sinaloa. Folleto técnico, (31). 32 p.
- Isman, M,B. (1999). Pesticides based on plant essential oils. *Pesticide Outlook*, 10:68-72.
- Jiménez, G, R., Domínguez, R, R. y Peña, L, A. (1992). Plagas Insectiles del Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo, México. *Rev. Chapingo.* 16(77): 75-79.
- Kiran, U., Khan, S., Mirza, K. J., Ram, M., & Abdin, M. Z. (2010). SCAR markers: a potential tool for authentication of herbal drugs. *Fitoterapia*, 81(8), 969-976.
- Lizarraga, C; Fernández-Northcote, E.N. (1989). Detection of potato viruses X and Y in sap extracts by a modified indirect enzyme-linked immunoabsorbent assay on nitrocellulose membranes (NCM-ELISA). *Plant Disease* 73: 11-14.

- López, L, R, Arteaga-Ramírez R, Vázquez, P., López, C, I, L., Sánchez, C, I. (2009) Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) basado en láminas de riego y acolchado plástico. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(1): 83-89.
- Marin, S, J. (2010). Producción de semilla de tomate de cáscara (*physalis ixocarpa* brot.) libre de virus mediante el manejo de insectos vectores. Colegio de postgraduados institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. 94 p.
- Miresmailli, S. & Isman, M, B. (2006). Efficacy and persistence of rosemary oil as an acaricide against twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse tomato. *Journal of Economy Entomology*, December; 99 (6):2015-23.
- Martínez, S, J., Peña, L, A., Montalvo, H, D. (2004). Producción y Tecnología de semilla de tomate de cáscara. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 36 p.
- Mendoza, Z.C. (1996). Enfermedades Fungosas de Hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de parasitología Agrícola. Chapingo, México. 88p.
- Ortega, G, R. (1991). Transmisión de enfermedades por las semillas de hortalizas. Su prevención. Dirección general de investigación y capacitación agrarias. http://www.marm.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1990_06.pdf. conexión: 16/ 04/ 2011. 15 p.
- Pandey, K, K. (1957). Genetics of self-incompatibility in *Physalis ixocarpa* Brot. A new system. *American Journal of Botany* 44:879-887.
- Peña, L, A., Ramírez P, F., Cruz G, R, A. (1991). Edad de trasplante de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo* 73:57-60.
- Peña, L., A.; Santiaguillo H, J, F. (1999). Variabilidad genética de tomate de cáscara en México. Boletín Técnico Núm. 2. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 26 p.
- Pérez, G, M., Márquez, S,F, Peña, L, A. (1997). Mejoramiento Genético de Hortalizas. Departamento de Fitotecnia. 1a Ed. Universidad Autónoma de Chapingo, México 380 p.
- Piña, A, J. y F, Ponce G. (1990). Etiología y Control del Carbón del Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Luvianos y Villa Guerrero, México. *Rev. Chapingo*. 67/68: 22-25.
- Plant Viruses Online. (1997). Descriptions and Lists from the VIDE Database. Version: 16th January. <http://sdb.im.ac.cn/vide/refs.htm>.

- PRODUCE. (2005). Memoria: Jornada de Tecnología de Producción de Tomatillo. Fundación PRODUCE, Sinaloa A. C. Culiacán, Sinaloa, México. 72 p.
- Quimcasa. (2015 a). Q virus Inhibidor viral. (en Línea) (20/09/2015). http://agrobiosol.com.mx/source/src/prods/q_virus.htm
- Ramírez, F, J., Ochoa, M, D, L., Rodríguez, M, M, N. y Mora, A, G. (2006). Efecto de ácido acetil salicílico, miel y melaza en la movilidad y concentración de TSWV. Revista chapingo, Horticultura. 12:239-243.
- Robles, L, A, C. González, F, E., Gill, L, L., Pérez, M, y López, D, J. C. (2010). Virus fitopatógenos que afectan al cultivo del chile en México y análisis de las técnicas de detección. Tecnociencia Chihuahua 4(2):72-86.
- Salazar, P, A. (2002). Producción de semilla de tomate de cáscara variedad rendidora en el Estado de Morelos. Tecnologías llave en mano. Publicación especial Núm 31. SAGARPA. INIFAP. pp 68-69.
- Saray, M, C, R, Loya, J, L. (1977). El cultivo de Tomate de Cáscara. Inf. Rep. 57. INIACIAMEC. Zacatepec, Morelos, Chapingo México. 24 p.
- Saray, M, C, R, y J, Loya, R. (1978). El cultivo de tomate de cáscara en el estado de Morelos. El campo. 54 (1040): 30-40.
- Santiaguillo, H, J, F., Cedillo, P, E., Cuevas, S, J, A. (2010). Distribución Geográfica de *Physalis* spp. En México. Publicaciones de la Red de tomate de cáscara. SINAREFI. Primera Edición Octubre de 2010. 245 p.
- Sánchez, M, J., Padilla G,J,M., Bojorquez, M,B,A, Arriaga R,M,C., Arellano R,L,J., Sandoval, I, E., Sánchez, M,E. (2006) Tomate de cáscara cultivado y silvestre del occidente de México. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Guadalajara, Jalisco, México. 176 p.
- SIAP., SAGARPA. (2011) Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. Página consultada el 17 de julio del 2012.
- SIAP., Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2014). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), México. Página web: <http://siap.gob.mx>.
- SIAP., Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2015). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), México. Página web: <http://siap.gob.mx>.
- Šutić, D.D.; R.E. Ford and M.T. Tošić. (1999). Handbook of Plant Viruses Diseases. Edit. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, United States of America. 553 p.

- Sutula, C. L., J. M, Gillett., S. M. Morrissey, and D, C, Ramsdell. (1986). Interpreting ELISA Data and Establishing the Positive-Negative Threshold. *The Amer. Phytopathol. Soc.* 70(8): 722-726.
- Tun, S, J, M., Zavaleta M, E., Ochoa M, D., Sánchez G, P., Soto H, M., Alejo, J, C. (2007). Incidencia del virus mosaico de la alfalfa en semillas y plántulas de chile habanero (*capsicum chinense jacq.*) en Yucatán, México *fitosanidad*, vol. 11, núm. 1, marzo, pp. 11-14
- Valtierra P, E., Ramos S., A. (2003). Programa estratégico de necesidades de investigación y transferencia de tecnología de la cadena productiva de tomate verde en el estado de Puebla. *Fundación Produce Puebla, Gobierno del estado de Puebla.* 237 p.
- Vargas P, O., Martínez, D, M., Dávila, A,P. (2003). *La Familia Solanaceae en Jalisco, el género Physalis.* Universidad de Guadalajara, Jalisco. México. 127 p.
- Villegas T., O. G., Rodríguez, M., M. N., Trejo T., L. I.; Alcántar G., G. (2001). Potencial de la miel de abeja en la nutrición de plántulas de tomate. *Terra* 19(1): 97-102.
- Vivanco, J, M., Brett, J, Savary., and Flores, E, H., (1999b). Characterization of Two Novel Type I Ribosome-Inactivating Proteins from the Storage Roots of the Andean Crop *Mirabilis expansa*. *Plant Physiology.* Vol. 119, pp. 1447–1456.