



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
INSTITUTO DE HORTICULTURA

EVALUACION DE GERMOPLASMA DE TOMATE DE
CASCARA PARA RESISTENCIA A VIROSIS

TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA
MARIA DEL ROCIO MONSERRAT TUXTLA ANDRADE



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DIRECCION DE SERVICIOS ESCOLARES
GRUPO DE SERVICIOS PROFESIONALES

BAJO LA SUPERVISIÓN DE HÉCTOR LOZOYA SALDAÑA, DR.

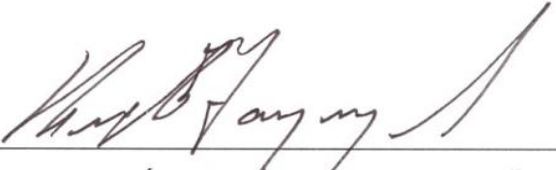
Diciembre, 2016
Chapingo, Estado de México



**EVALUACION DE GERMOPLASMA DE TOMATE DE CASCARA PARA
RESISTENCIA A VIROSIS.**

Tesis realizada por **María del Rocío Monserrat Tuxtla Andrade** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR: 
DR. HÉCTOR LOZOYA SALDAÑA

ASESOR: 
DR. AURELIANO PEÑA LOMELI

ASESOR: 
DR. SANTOS GERARDO LEYVA MIR

Diciembre de 2016

ÍNDICE

RESUMEN	1
SUMMARY	1
CAPÍTULO 1	2
I.- INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objetivos	4
1.2 Hipótesis	4
CAPÍTULO 2	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Generalidades del tomate de cáscara.	5
2.2 Enfermedades del tomate de cáscara	6
2.3 Generalidades de los virus.	7
2.4 Virus en el tomate de cáscara	8
2.5 Resistencia a enfermedades	10
2.6 Antecedentes sobre resistencia a virus en tomate de cáscara.....	12
2.7. LITERATURA CITADA	14
CAPÍTULO 3	18
RESUMEN	18

INTRODUCCIÓN	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
Localización.....	21
Diseño experimental.....	22
Conducción del ensayo	23
Germoplasma.....	23
Variables respuesta.....	25
Análisis estadístico	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Sintomatología	27
Pruebas serológicas de ELISA.....	27
Análisis de varianza	28
Pruebas de comparación de medias	29
Análisis de interacciones Virus x Accesión	31
CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA.....	38
APÉNDICE.....	41

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.- Relación de accesiones de <i>Physalis spp.</i> utilizadas en la investigación	22
Cuadro 2. Comparación de medias de altura de planta (cm) evaluadas en plantas de tomate de cáscara (<i>Physalis spp.</i>)	33
Cuadro 3. Comparación de medias de número de hojas evaluadas en plantas de tomate de cáscara (<i>Physalis spp.</i>)	34
Cuadro 4. Comparación de medias de rendimiento por planta y tamaño de fruto de tomate de cáscara (<i>Physalis spp.</i>)	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Interacciones Virus*Accesión para altura de planta.....	36
Figura 2 Interacciones Virus*Accesión para número de hojas.....	37

LISTA DE APÉNDICE

Cuadro A1. Resultados de las pruebas serológicas de ELISA realizadas a plántulas de <i>Physalis</i> spp. inoculadas con la mezcla de virus	41
Cuadro A2. Resultados de las pruebas de ELISA realizadas a muestras sin síntomas	42
Cuadro A3. Resultados pruebas de ELISA para transmisión por semilla	43
Cuadro A4. Análisis de varianza de seis variables medidas en 20 accesiones de tomate de cáscara (<i>Physalis</i> spp.) de acuerdo al comportamiento de la mezcla de cinco virus que afectan al cultivo	44
Cuadro A5. Análisis de varianza del rendimiento en tomate de cáscara (<i>Physalis</i> spp.).....	45
Figura A1. Expresiones fenotípicas observadas en plantas de tomate de cáscara inoculadas con la mezcla de cinco virus (AMV, CMV, TEV, TMV y TSWV).....	46
Figura A2. Síntomas observados en plantas de tomate de cáscara inoculadas con la mezcla de cinco virus.....	47

DEDICATORIAS

A mis padres y hermanos, como un testimonio de cariño y eterno agradecimiento por mi existencia, valores, morales y formación profesional. Porque sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y porque nunca podré pagarles sus desvelos ni aún con las riquezas más grandes del mundo. Por lo que soy y por todo el tiempo que les robe pensando en mí.

A Valeria, por todo el tiempo que hemos sacrificado juntas, gracias mi niña por iluminarme con la paz de tu sonrisa, por detenerme en mi alocada carrera y por enseñarme a disfrutar la vida.

A José Luis Hernández Corral, la ayuda que me has brindado ha sido sumamente importante, estuviste a mi lado inclusive en los momentos y situaciones tormentosas, siempre ayudándome. No fue sencillo, sin embargo siempre fuiste motivador diciéndome que lo lograría. Me ayudaste hasta donde te era posible, incluso más que eso. Muchas gracias, amor.

A mis amigas (os): Ana Luisa, Pablo, Arely, Ángeles, Yolanda, Cristian Moncayo, Efrén, Cristian López, Gaby, Mariela, Meche, Roberto, Aby, Rubí, quienes hicieron aún más amena mi estancia en la maestría. Los quiero.

A David, Francisco, Betsabé y Carlos por ayudarme durante todo el trabajo de invernadero y campo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

A la Universidad Autónoma Chapingo, maravillosa institución que me ha dado la oportunidad y las herramientas necesarias para crecer y desarrollarme personal y profesionalmente.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por haberme otorgado la beca que hizo posible lograr un grado más en mi formación profesional.

Al Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia por darme la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado.

A mi honorable comité asesor: Dr. Héctor Lozoya Saldaña, Dr. Aureliano Peña Lomelí, Dr. Santos Gerardo Leyva Mir, M.C. Natanael Magaña Lira, por haberme tenido la paciencia suficiente a lo largo de este tiempo que tardé en culminar este trabajo de investigación, por sus consejos y sobre todo por el apoyo incondicional que siempre me brindaron.

Al personal técnico del invernadero, Cesar y Omar, amigos y colegas de trabajo.

A todos los profesores del Posgrado de Horticultura que contribuyeron en mi formación profesional.

De todo corazón, Gracias

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos Personales

Nombre: María del Rocío Monserrat Tuxtla Andrade

Fecha de nacimiento: 24 de octubre de 1988

Lugar de nacimiento: Huatusco, Veracruz

CURP: TUAR881024MVZXCN05

Profesión: Ingeniero Agrónomo especialista en Parasitología Agrícola

Cédula profesional: 8065825

Desarrollo académico

Preparatoria: Preparatoria Agrícola Universidad Autónoma Chapingo

Licenciatura: Universidad Autónoma Chapingo

RESUMEN

Las enfermedades de plantas de etiología viral representan en la actualidad uno de los retos más serios e importantes en los sistemas de producción de las plantas cultivadas. Una opción para su manejo es el mejoramiento genético. El objetivo de esta investigación fue detectar posibles fuentes de resistencia a enfermedades virales. Se evaluaron 20 accesiones de tomate de cáscara (*Physalis* spp.) del Banco Nacional de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo. Cada accesión fue inoculada mecánica con la mezcla de cinco virus: Virus Mosaico de la Alfalfa (Alfalfa Mosaic Virus, AMV), Virus Mosaico del Pepino (Cucumber Mosaic Virus, CMV), Virus Jaspeado del Tabaco (Tobacco Etch Virus, TEV), Virus Mosaico del Tabaco (Tobacco Mosaic Virus, TMV) y Virus de la Marchitez Manchada del Tomate (Tomato Spotted Wilt Virus, TSWV). Se cuantificó el crecimiento de la planta y la manifestación de síntomas. Las pruebas serológicas (ELISA) resultaron positivas para las 20 accesiones, seleccionándose seis de ellas que fueron asintomáticas. Se concluye que estas seis accesiones son las más valiosas para ser consideradas para mejoramiento genético puesto que presentan algún tipo de resistencia o tolerancia a la infección viral.

Palabras clave: *Physalis* spp., mejoramiento genético, infección viral

SUMMARY

Plant diseases of viral etiology currently represent one of the most serious and important challenges in the growing systems of cultivated plants. Plant breeding is an option for their management. The objective of this research was to detect possible viral disease-resistant sources. Twenty accessions of "tomatillo" (*Physalis* spp.) from the National Germplasm Bank of the Autonomous University of Chapingo were evaluated against mechanical inoculation of a mixture of five viruses: Alfalfa Mosaic Virus (AMV), Cucumber Mosaic Virus (CMV), Tobacco Etch Virus (TEV), Tobacco Mosaic Virus (TMV), and Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV). Plant growth and symptom expression were quantified. The serological tests (ELISA) were positive for the 20 accessions, and only six of them, symptomless, were selected. It is concluded that these six are the most valuable to be considered for breeding, for they show some type of resistance or tolerance to the viral infection.

Index words: *Physalis* spp., plant breeding, viral infection

CAPÍTULO 1

I.- INTRODUCCIÓN

El género *Physalis* agrupa cerca de 90 especies de las cuales 70 de ellas son endémicas de México (78 %), por lo que el territorio mexicano es considerado centro de origen y diversidad del taxón (Martínez, 1998). En el mundo se reportan de 80 a 120 especies dependiendo del autor consultado. Se indica que 70 de ellas se encuentran restringidas a México, 17 más se extienden a EUA y América Central y tres a Guatemala; muy pocas especies se localizan en el este de Asia, India, Australia, Europa y África tropical. Además del número de especies, la alta riqueza genética de *Physalis* en México se expresa en la existencia de especies silvestres, toleradas, fomentadas, cultivadas y domésticas, asociadas a diferentes tipos de vegetación y condiciones ecológicas (Peña y Santiaguillo, 1999).

Las especies de *Physalis* se distribuyen en toda la República Mexicana, en una gran diversidad de ambientes, por lo que se les puede encontrar desde el nivel del mar hasta los 3570 msnm. No obstante, la mayoría de las especies prevalecen en estado silvestre y al menos 19 se recolectan en varios estados de México (Santiaguillo *et al.*, 2012).

El tomate de cáscara es una de las principales hortalizas en México junto con el chile (*Capsicum annum* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.), jitomate o tomate rojo (*Solanum lycopersicum* L.), sandía (*Citrullus vulgaris* Schard. ex Eckl. & Zeyh) y cebolla (*Allium cepa* L.). El cultivo ha tomado importancia en los últimos 30 años, periodo en que se duplicado su producción. En 1980 se establecieron 21 mil hectáreas y en 2010 se incrementaron a 48 mil (Santiaguillo *et al.*, 2012). El tomate tiene un alto nivel productivo, como lo establecen los estudios realizados por Soldevilla *et al.* (2002), quienes obtuvieron rendimientos superiores a 83 t/ha con acolchado plástico, fertirrigación, espalderas e inyección de CO² al sistema de riego. En 2013 se establecieron en México

44,522.36 ha con tomate de cáscara, con rendimiento promedio de 14.68 ton/ha y valor de la producción de \$2, 393, 522.67 (SIAP, 2015). Las entidades con mayor producción de tomate de cáscara fueron, en orden de importancia: Riego: Sinaloa, Puebla, Nayarit, Zacatecas y Jalisco, Morelos, Estado de México y Puebla para.

Las enfermedades causadas por virus son de los principales factores que limitan el rendimiento y calidad del cultivo (Martínez, 2000). Los cambios fisiológicos y bioquímicos que comúnmente presentan las plantas afectadas con un determinado virus son: la disminución de la tasa fotosintética, a menudo asociada con una reducción de pigmentos fotosintéticos, disminución de ribosomas en los cloroplastos y de ribulosa-bifosfato-carboxilasa (RUBISCO), incremento en la tasa de respiración así como en la actividad de enzimas como la poliferol-oxidas, y la disminución o incremento de reguladores de crecimiento de las plantas.

Un solo cambio en un gen del hospedero o un solo punto de mutación en el virus puede provocar que una infección o sintomatología leves se tornen en una enfermedad severa; sin embargo, una mayor alteración en el metabolismo del hospedero no necesariamente está determinada por una mayor actividad de replicación o multiplicación del virus (Matthews, 1992).

Las enfermedades de origen viral representan en la actualidad uno de los retos más serios e importantes en los sistemas de producción de las plantas cultivadas en México y el mundo. Su importancia o impacto radican en que reducen la producción y calidad en los cultivos, por no contar con herramientas químicas para su combate o control, por lo difícil o caro que resulta el diagnostico de estas enfermedades, por la mezcla de virus que se presentan en la naturaleza y por la facilidad de transmisión (Urías y Valenzuela, 1992). Estudios realizados por De la Torre *et al.* (1998), en los que se aislaron y caracterizaron parcialmente varios virus en plantas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* B.) en los Estados de México, Puebla y Morelos, permitieron detectar la presencia de varios virus cuyo genoma está constituido por ARN de cadena sencilla, como el virus jaspeado del tabaco (TEV), mosaico del pepino

(CMV), marchitez manchada del tomate (TSWV) y mosaico del tabaco (TMV). Los análisis serológicos (ELISA) indicaron que infecciones en mezcla con varios de estos virus están ampliamente distribuidos en las zonas productoras de los Estados de México, Puebla y Morelos.

La mayoría de las enfermedades virales de las plantas son transmitidas por algún vector ya que este tipo de patógenos no son lo suficientemente estables para diseminarse por sí mismos y la mayoría requiere de protección durante su dispersión (Hernández, 1992). Los trabajos de investigación para proteger a las plantas contra los virus se han enfocado a tres factores: interferir en el comportamiento del vector, interferir en el proceso de transmisión del virus por el vector e interferir con la multiplicación del virus en el hospedero (Garzón, 1987; Martínez, 2000). Con base en lo anterior, una de las posibilidades para atenuar el impacto de los virus en la producción de tomate de cáscara es buscar fuentes de resistencia genética en la diversidad de germoplasma presente en México. Con este propósito se estudió la respuesta de 20 accesiones previamente seleccionadas, las cuales representarán el 10% de 200 accesiones existentes en el Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo y evaluadas por López (2015), a la inoculación de una mezcla de cinco de los virus más importantes del tomate de cáscara (AMV, CMV, TEV, TMV, TSWV) con el siguiente objetivo e hipótesis:

1.1 Objetivos

Identificar y seleccionar posibles fuentes de resistencia a virus en accesiones prometedoras de tomate de cáscara previamente seleccionadas.

1.2 Hipótesis

La inoculación mecánica de los virus permitirá reproducir síntomas, esperándose que al menos una de las 20 accesiones inoculadas con la mezcla de virus presente resistencia.

CAPÍTULO 2

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del tomate de cáscara

2.1.1 Origen y distribución

El tomate se considera originario del continente Americano. El género *Physalis* spp. está confinado principalmente a las zonas templadas de América, con unas cuantas especies en el este de Asia, India, Australia, Europa y África tropical. Las especies de *Physalis* que se cultivan para aprovechar sus frutos son principalmente: *P. peruviana* en Colombia, Perú, Haití, Costa Rica, algunas partes de Australia, Sur de África, India y Nueva Zelanda y *P. ixocarpa* en México y Centro América. Otras especies se presentan como malezas en los cultivos o son utilizadas como plantas de ornato. (Santiaguillo *et al.*, 2012)

México presenta una gran diversidad genética de *Physalis* y es centro de origen y diversificación del tomate de cáscara, especie que se encuentra ampliamente distribuida en el país y cuya mayor concentración se encuentra en el Centro Occidente (Santiaguillo *et al.*, 2010).

2.1.2 Clasificación taxonómica del tomate de cáscara

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Physalis*

Especie: spp.

2.1.3 Morfología del tomate de cáscara

Es una planta herbácea, anual, de 40-120 cm de altura; su ciclo es de 85 a 90 días desde la siembra hasta la senescencia; presenta tres tipos de hábitos de crecimiento: rastrero, erecto y semierecto; tiene **hojas** simples, erectas, alternadas, de forma ovalada y peciolada, cuyo pecíolo mide de 4 a 6.5 cm de longitud; **el fruto** es una baya amarilla, morada o verde de 1 a 6 cm de diámetro. **Las flores** están solitarias en el eje axial de las flores y algunas veces se encuentran en las ramas; tienen corola campanulada, con pétalos amarillos y usualmente con manchas de color púrpura oscuro cerca de la base; **el cáliz** está unido a manera de bolsa que se extiende y envuelve el fruto (Velasco, 2006).

2.2 Enfermedades del tomate de cáscara

Las enfermedades pueden limitar la productividad de este cultivo. Entre las que afectan al follaje, la cenicilla (*Oidium sp.*) es comúnmente de la más importante; seguida de la mancha foliar (*Cercospora physalidis*) y el carbón blanco (*Entyloma australe*). El moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*) se llega a presentar esporádicamente, pero su potencial de daño es alto, al establecer el cultivo en suelos muy infestados. La mancha bacteriana es una enfermedad recientemente descubierta en Sinaloa; es agresiva bajo ambiente lluvioso de tal forma que puede llegar a ser una enfermedad limitante a la producción. La secadera, causada por un complejo de hongos del suelo, entre los que predominan *Fusarium solani* y *F. oxysporum* es la segunda enfermedad en importancia, debido a que los materiales comerciales de tomatillo son muy sensibles a este complejo de hongos y porque el manejo de la enfermedad es difícil con los métodos culturales y químicos. (Apodaca-Sánchez y Félix-Gastélum, 2005)

Las enfermedades causadas por virus fitopatógenos tienen alto impacto en la productividad del tomate de cáscara en la mayoría de las zonas productoras de México. La importancia de esta enfermedad se ha intensificado y los materiales

de tomate de cáscara son altamente susceptibles al complejo viral predominante, causando una reducción de hasta 80 % del rendimiento, debido a que estos “organismos” tienen la habilidad de infectar a la planta local y sistémicamente; en esta última el virus entra a la célula, se replica y luego se mueve hacia el floema hasta colonizar toda o gran parte de la planta. La virosis es transmitida principalmente por áfidos y mosquita blanca. Estos insectos se combaten con insecticidas, que comúnmente son ineficientes, sobre todo cuando los cultivos se establecen en fechas muy tempranas o tardías, en las que proliferan dichos vectores (Pacheco y Apodaca, 1992).

2.3 Generalidades de los virus.

2.3.1 Definición

Un virus es un grupo de una o más moléculas de ácido nucleico genómico, normalmente encerrado en una cubierta protectora de proteína o lipoproteína, la cual es capaz de replicarse sólo dentro de las células hospederas aceptables. Dentro de tales células, la replicación viral depende del mecanismo sintetizador de proteínas del hospedero; derivada de "pools" de los materiales requeridos, más que por fisión binaria; localizados en sitios no separados de los contenidos de las células hospederas por una membrana bicapa de lipoproteína (Martínez, 2000).

Los virus varían ampliamente en tamaño y forma, pero todos son muy pequeños en relación con el tamaño de las células que infectan. Una célula típica del mesófilo del tabaco tiene un volumen de 2×10^{13} nm, un virus vegetal grande alrededor de 6×10^5 nm y un virus vegetal pequeño alrededor de 2×10^4 nm. Así, una típica célula vegetal que contiene 10 millones de partículas de un virus pequeño, sólo tendría el 1% de su volumen ocupado por el virus (Matthews, 1992; Martínez, 2000).

2.3.2 Transmisión

Los virus no son diseminados por el viento o por el agua, incluso cuando son transportados en la savia o en los restos de las plantas; en general no producen

infecciones a menos que entren en contacto con los contenidos de una célula viva dañada; sin embargo, son transmitidos de planta a planta mediante diversas formas como la propagación vegetativa, mecánicamente a través de la savia o por medio de semillas, polen, insectos, ácaros, nemátodos, la cúscuta, y los hongos (Agrios, 2005).

El CMV puede ser transmitido por más de 60 especies de áfidos en forma no persistente, se transmiten de manera mecánica en diferentes prácticas culturales y por medio de semilla, en diferentes porcentajes. El TMV se transmite fácilmente en forma mecánica mediante el roce de plantas enfermas y sanas, podas, instrumentos de labranza, movimiento de animales dentro del cultivo y por medio de semilla; cabe aclarar que no tiene un vector específico, por lo que se limita a diseminarse por las formas antes señaladas, pero su gran facilidad de transmisión mecánica permite la supervivencia y dispersión de este virus (Álvarez, 2006). Según Reddick (2003) la transmisión del virus TEV se da de manera mecánica, por semilla y por áfidos de manera no persistente. El AMV es transmitido de manera persistente por trips, es adquirido por el vector únicamente en estado ninfal; también es transmitido de manera mecánica y por semilla (Pérez y Rico, 2004). La única forma exitosa de transmisión del TSWV es a través de vectores pertenecientes a varias especies de los géneros *Thrips* y *Frankliniella*, estos adquieren el virus en sus estados ninfales, la transmisión por semilla es casi nula (Ramírez, 2009).

2.4 Virus en el tomate de cáscara

Es común observar plantas de tomate de cáscara con diversos síntomas que pueden ser de origen viral. Los más comunes son: mosaicos, alargamiento, deformación o reducción de la lámina foliar; amarillamiento de nervaduras; cálico (moteado amarillo brillante con márgenes bien definidos, que se inicia en la punta o la base de las hojas); marchitez; sobrebrotación foliar, con reducción del tamaño de hojas y entrenudos, que causan enanismo; y epinastia (De la Torre, 1996).

Los virus asociados al cultivo son los siguientes: Virus Jaspeado del Tabaco (TEV), Virus Mosaico del Pepino (CMV), Virus Mosaico de la Alfalfa (AMV), Virus de la Marchitez Manchada del Tomate (TSWV), Virus Mosaico del Tabaco (TMV), Virus Mancha Anular del Tabaco (TRSV) (De la Torre *et al.*, 2003). Se demostró también que *Physalis ixocarpa* es susceptible a Virus Mosaico del Pepino, Virus Mosaico de la Papa, Virus Mosaico del Tabaco, Virus de la Necrosis del Tabaco, Virus de la Mancha Anular del Tabaco (Horváth, 1988).

Los reportes que se tiene de plantas inoculadas de tomate de cáscara con el TEV mencionan que no hay formación de lesiones locales y sistémicamente las plantas presentan daños severos, aunque no presenten síntomas. Cuando el CMV se inoculó mecánicamente a las plantas y en las hojas se formaron lesiones locales muy intensas, aunque no necróticas, después de quinto día de la inoculación; al hacerse sistémico, las hojas mostraron un aclaramiento de las venas. Con el AMV se produjo un aclaramiento venal y un mosaico intervenal severo (Álvarez, 2006). En un estudio realizado en Sinaloa, se aisló TSWV de *Physalis spp.* y otras malezas, el que al ser inoculado en *Lycopersicum esculentum* este presentó síntomas de bronceado de nervaduras, necrosis de folíolos y manchas anulares necróticas en hojas y frutos (Verdugo, 1989). En hojas inoculadas de *P. ixocarpa* Brot, el TMV presentó lesiones locales de forma irregular entre dos a tres días después de la inoculación, y a partir del sexto día se observaron lesiones sistémicas, presentando un aclaramiento de venas muy intenso. Cuando el TRSV fue inoculado en las hojas de *P. ixocarpa* Brot. se formaron lesiones locales concéntricas después de dos a tres días de haberse inoculado, la forma sistémica se presentó al sexto día observándose un aclaramiento de las venas, deformación y puntos necróticos muy pequeños en las hojas (Álvarez *et al.*, 2006). Algunas veces es posible identificar virus mediante su sintomatología; sin embargo, para una identificación total y exacta es fundamental y necesario el uso de métodos más rápidos y confiables como ELISA, PCR Y RT-PCR. La determinación mediante ELISA se ha convertido en una herramienta muy valiosa de detección; su precisión se debe a la gran sensibilidad ya que permite detectar concentraciones muy bajas del patógeno y

además se pueden procesar muchas muestras al mismo tiempo (Robles-Hernández *et al.*, 2010).

2.5 Resistencia a enfermedades

Las plantas están expuestas a la influencia de los factores bióticos y físicos del medio ambiente, algunos son adversos para el desarrollo de ellas, por lo que para sobrevivir a dicha adversidad han desarrollado mecanismos de defensa para contrarrestarlos. Harrison (1987) menciona que existen tres principales medidas de control, las cuales han sido aplicadas para prevenir las pérdidas en la producción causadas por enfermedades de tipo viral: remoción de las fuentes proveedoras de virus, prevención para evitar la dispersión del virus y el desarrollo de variedades resistentes a virus. La resistencia de las plantas a enfermedades puede considerarse como el método más efectivo para la protección de cultivos, debido principalmente a lo difícil que es el control y manejo de las enfermedades virales y sus vectores. Se puede definir a la resistencia como la capacidad de una planta para resistir el ataque de un patógeno sin sufrir daños. Los componentes esenciales para el manejo exitoso de un programa de resistencia de plantas a virus son: la resistencia debe ser heredable a las generaciones siguientes; el virus aislado debe ser tan puro y representativo como el que originalmente se aisló en campo y se debe establecer una metodología exacta y altamente eficiente de discriminación para el muestreo de poblaciones segregantes (Matthews, 1992; Watterson, 1993).

Debido a la diversidad de mecanismos de resistencia que presentan y al mismo virus involucrado varios autores coinciden en señalar que existe confusión en la literatura referente a la conceptualización y definición de los tipos de resistencia en las plantas, (Fraser, 1987; Matthews, 1992).

Fraser (1987) agrupa los tipos de resistencia de la siguiente manera: resistencia por total inmunidad de las especies al ataque de virus; resistencia de una especie en particular a uno o más virus y resistencia inducida.

Matthews (1992) cita los siguientes tipos de respuesta de las plantas a la inoculación con un virus determinado: plantas inmunes, aquellas donde no se lleva a cabo la replicación del virus en el protoplasto, ni en las células de plantas sanas, tampoco en las células inicialmente inoculadas, el virus inoculado puede ser encapsulado, pero no se produce descendencia del genoma viral; hospederos resistentes, en los cuales el virus puede infectar y replicarse en el protoplasto, sin embargo la multiplicación del virus queda limitada a las células inicialmente infectadas provocando una típica lesión necrótica local; hospederos susceptibles, caso en el que existe replicación y movimiento sistémico del virus, las plantas infectadas manifiestan más o menos severidad de la enfermedad y en algunos casos no se produce efecto aparente sobre la planta dando lugar a una infección latente.

Para Márquez (1985) la calificación de la resistencia no tiene una escala, pues depende de muchos factores así como de las plantas mismas, mencionando los siguientes grados: inmunidad, la planta no es dañada en lo absoluto por cualquiera que sea el factor adverso; alta resistencia, la presentan las plantas que sufren poco daño en determinadas condiciones; resistencia moderada, ocurre en plantas las cuales su daño es un poco por abajo del daño promedio de todas las variedades; susceptibilidad, las plantas presentan el daño promedio de las variedades en general, alta susceptibilidad, la presentan plantas cuyo daño está muy por arriba del daño medio de todas las variedades. Algunas veces las plantas no son genéticamente resistentes, pero se comportan como tales, lo cual se debe a dos causas: escape, las plantas escapan por azar al ataque de los insectos, aún en condiciones de alto grado de infestación y evasión, en este caso las plantas en su etapa de mayor susceptibilidad pueden no ser dañadas, por ejemplo, que la planta pase por esa etapa fenológica rápidamente. Después de diversos análisis sobre el tema, Harrison (1987), considera que los tipos de resistencia de las plantas a virus

pueden ser agrupadas de manera general en dos categorías principales: resistencia innata y resistencia inducida.

2.5.1 Resistencia innata

Ocurre cuando debido a factores intrínsecos uno o más individuos de una especie son capaces de contrarrestar por si mismos la infección de un virus en particular. Las plantas, al ser inoculadas con el virus, no desarrollan síntomas detectables e incluso puede o no haber replicación del virus. En esta respuesta están implicados uno o más genes que pueden actuar individualmente o tener un efecto aditivo de tal manera que inhiben o limitan el movimiento o multiplicación del virus y permiten heredar esta característica a las siguientes generaciones. La resistencia de una determinada especie de planta como respuesta a un virus es la más utilizada por los mejoradores de plantas (Harrison, 1987).

2.5.2 Resistencia inducida

Esta resistencia es a nivel individual y se manifiesta cuando ésta es conferida a una planta susceptible por medio de una inoculación previa con una variante atenuada de un determinado virus, por medio de tratamientos químicos o por medio del manejo de factores físicos. Normalmente la resistencia inducida no es heredable y debe ser incorporada a cada generación de individuos. Los mecanismos por los cuales se manifiesta la resistencia inducida son diversos dependiendo de los genes responsables en cada cultivar hospedero y de los efectos indirectos probables provocados en el metabolismo de la planta (Fraser, 1987; Harrison, 1987).

2.6 Antecedentes sobre resistencia a virus en tomate de cáscara

En 1988 Khoury *et al.* mencionan que plantas de tomate fueron inoculadas con partículas virales atenuadas en la etapa de tres hojas antes de la inoculación y con un virus severo en la etapa de 5 a 6 hojas, las palntas mostraron lento

desarrollo de los síntomas del virus severo, y que la presencia física del virus fue detectada más tarde.

López (2015) estudió germoplasma de tomate de cáscara con el objetivo de detectar posibles fuentes de resistencia a enfermedades virales. En 180 accesiones inoculó los virus TEV, CMV, AMV, TSWV y TMV, que se inocularon mecánicamente de manera individual a nivel de plántula con una solución vírica a 1×10^{10} partículas virales por mililitro. En dicha investigación se encontraron accesiones con tolerancia a los virus evaluados, y de acuerdo a las pruebas serológicas al menos una accesión resultó negativa a cada uno de los virus estudiados (TEV, CMV, AMV, TSWV y TMV) la accesión 26 (48 BNGEN) fue negativa para AMV, CMV, TSWV y TEV (única negativa para el TEV), la accesión 147 (201 BNGEN) mostró resultados negativos para los virus AMV, TSWV, CMV y TMV; solo las accesiones 35 (170 BNGEN) y 147 (201 BNGEN) resultaron negativas para el TMV.

2.7. LITERATURA CITADA

- Agrios, G. N. (2005). Plant pathology. Fifth edition. Elsevier Academic Press. San Diego. CA. 992 p.
- Álvarez R., P., Gámez G. C., Leyva E. L., & Méndez, L. J. (2006). First report of Tomato chlorosis virus infecting tomato crops in Sinaloa, México. *British Society for Plant Pathology*, 56(6), 14-40.
- Apodaca S., M. A. y Félix G., R. (2005). Identificación e incidencia de enfermedades fungosas del tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Sinaloa, México. En: Memorias del XXXII Congreso Nacional (VII Internacional) de Fitopatología. Chihuahua, Chih. Resumen C-55.
- De la Torre A. R. (1996). Caracterización histológica y molecular de un complejo viral en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa*, Brot.) en los valles altos de México. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos. México. 93 p.
- De la Torre, A. R., Téliz D., Barrón O., B. R., Cárdenas E., S., & García E., L. (1998). Identificación de un complejo viral en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* B.) en la región centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 16(1), 1-11.
- De la Torre-Almaráz, R.; Salazar-Segura, M.; Valverde, R. (2003). Etiología del moteado amarillo del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* B.) en México. *Agrociencia* 38: 227-238.
- Fraser, R. S. S. (1987). Genetic of plant resistance to viruses. In: Plant resistance to viruses. (ed.) Ciba Foundation Symposium 133; Johnson Wiley & Sons Ltd. Chichester. UK. Pp: 6-15.
- Garzón T., J. (1987). Alternativas para el control de virus en hortalizas. Enfermedades virales y viroidales en cultivos de importancia en México, memoria. SARH-INIFAP Celaya, Guanajuato. México. pp. 64

- Harrison, B. D. (1987). Plant Resistance to Viruses. Ciba Foundation Symposium 133. Johnson Wiley & Sons Ltd. Chichester. UK. 214 p.
- Hernández M., B. (1992). Métodos empleados en el registro de insectos vectores. In Contribución a la ecología y control de áfidos en México. C. Urías M., C. & Rodríguez M., R. (eds.). Colegio de Postgraduados. Centro de Fitopatología. Montecillos, México. 1:31-42
- Horváth, J. (1988). Reaction of *Physalis* species to plant viruses XI. Additional data on the susceptibility of *Physalis ixocarpa*, *Physalis philadelphica* and *Physalis pruinosa*. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 23 (1-2): 137-141.
- Khoury, J.; Singh, R. P.; Boucher, A and Coomb, D. H. (1988). Concentration and distribution of mild and severe strains of potato spindle tuber viroid in crossprotected tomato plants. Phytopathology 78:1331-1336.
- López S., C. (2015). Resistencia a virus en germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis* spp). Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo, México. 67 p.
- Márquez S., F. (1985). Genotecnia vegetal. Métodos, teoría y resultados. Tomo I. Ed. AGT editor, S. A. México, D.F. 357 p.
- Martínez R., A. (2000). Estrategias para el combate de virosis en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa*, Brot.) en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. México. 63 p.
- Martínez, M. (1998). Revision of *Physalis* section *Epeteiorhiza* (Solanaceae). Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 69 (2): 71-117.
- Matthews, R. E. F. (1992). Fundamentals of Plant Virology. (3er ed.). San Diego, California: Acad. Press, Inc. USA. 403 p.
- Pacheco A., J. y Apodaca S., M. A. (1992). Enfermedades del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en el Norte de Sinaloa, México. En: Memorias del XIX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Saltillo, Coahuila. 6 p.

- Peña L., A. Santiaguillo, H. J. F. (1999). Variabilidad Genética de tomate de cascara en México. Departamento de Fitotecnia. Programa Nacional de Investigación de Oleicultura. Universidad Autónoma Chapingo. Boletín Técnico #3. 26 p.
- Pérez M., L.; Rico, J. E. (2004). Virus fitopatógenos en cultivos hortícolas de importancia económica en el estado de Guanajuato. Primera edición. Universidad de Guanajuato. 25: 11-17
- Ramirez V., J. (2009). Enfermedades virosas del tomate en México. Agrobiologica, S.A. de C.V., Biociencia, S.A. de C.V. y Universidad Autónoma de Sinaloa. 65 p.
- Reddick, B. B. (2003). Tobacco etch virus. Compendium of pepper disease. APS APRESS. 38 p.
- Robles H., L.; Gonzále F.; A. C., Gill-L., E., Pérez M., L., y López D., J. (2010). Virus que afectan al cultivo de chile en México y análisis de las técnicas de detección. Tecnociencia Chihuahua 4(2): 72-86
- Sanchez del C., F., y E. Escalante R. (1988). Hidroponía: un sistema de producción de plantas; principios y métodos. 3era edición. UACH. Chapingo, México. 194 p.
- Santiaguillo H., J. F., Cedillo, P. E. y Cuevas, S. J.A. (2010). Distribución geográfica de *Physalis* spp. en México. Publicaciones de la Red de tomate de cascara. Prometeo editores S.A. de C.V. Universidad Autónoma Chapingo, México-Texcoco. 245 pp.
- Santiaguillo H., J. F., Vargas, P. O., Grimaldo, J. O., Magaña, L. N., Caro, V. F. J., Peña, L. A., y Sánchez M. J. (2012). Diagnóstico del tomate de cáscara. Chapingo, México: Gráficos Prometeo Editores. 46 p.
- SIAP-SAGARPA. (2015). Servicio de la información agroalimentaria y pesquera de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural y alimentación. Delegacion en el Estado. Subdelegacion de planeación. URL: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Soldevilla C., S., Peña L., A., Solís M., F., Vázquez R., T. R. y Colinas L., M.T. (2002). Aplicación al suelo de CO₂, uso de acolchados plásticos y

- sistemas de manejo en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.).
Revista Chapingo Serie Horticultura 8(1): 25-38.
- Urías M., C. y Valenzuela U., J.G. (1992). Importancia de las enfermedades virales en la producción agrícola en México. En: áfidos como vectores de virus en México. Colegio de Postgraduados. Montecillos. México. 1:8-13.
- Velasco C., I. (2006). Detección molecular de virus de DNA y RNA asociados al cultivo de tomate de cascara (*Physalis ixocarpa*, Brot.) en plántulas obtenidas in vitro. Tesis de Maestría, Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.
- Verdugo F., E. (1989). Etiología de una nueva enfermedad de tomate en Sinaloa: Supervivencia. Memorias XVI Congreso Nacional de Fitopatología. Montecillo, estado de México. 64 p.
- Watterson, J. C. (1993). Development and breeding of resistance to pepper and tomato viruses. In: Resistance to viral diseases of vegetables: genetics and breeding. M. M. Kyle (ed.). pp: 80-101.

CAPÍTULO 3
EVALUACION DE GERMOPLASMA DE TOMATE DE CÁSCARA PARA RESISTENCIA A
VIROSIS

EVALUATION OF “TOMATILLO” GERMPLASM FOR RESISTANCE TO VIRAL DISEASES

María del Rocío Monserrat Tuxtla-Andrade¹, Héctor Lozoya-Saldaña^{2*}, Aureliano Peña-Lomeli², Santos Gerardo Leyva-Mir³ y Natanael Magaña-Lira⁴

¹Estudiante de Maestría en Ciencias en Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo, ²Profesor investigador, Posgrado de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo, ³Profesor investigador, Posgrado de Protección Vegetal, Universidad Autónoma Chapingo, ⁴Estudiante de Doctorado en Ciencias en Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230. Tel 595 21500.

**Autor de correspondencia (picti87@gmail.com) (aplomeli@correo.chapingo.mx)*

RESUMEN

Las enfermedades de plantas de etiología viral representan en la actualidad uno de los retos más serios e importantes en los sistemas de producción de las plantas cultivadas. Una opción para su manejo es el mejoramiento genético. El objetivo de esta investigación fue detectar posibles fuentes de resistencia a enfermedades virales. Se evaluaron 20 accesiones de tomate de cáscara (*Physalis* spp.) del Banco Nacional de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo. Cada accesión fue inoculada mecánica con la mezcla de cinco virus: Virus Mosaico de la Alfalfa (Alfalfa Mosaic Virus, AMV), Virus Mosaico del Pepino (Cucumber Mosaic Virus, CMV), Virus Jaspeado del Tabaco (Tobacco Etch Virus, TEV), Virus Mosaico del Tabaco (Tobacco Mosaic Virus, TMV) y Virus de la Marchitez Manchada del Tomate (Tomato Spotted Wilt Virus, TSWV). Se cuantificó el crecimiento de la planta y la manifestación de síntomas. Las pruebas serológicas (ELISA) resultaron positivas para las 20

accesiones, seleccionándose seis de ellas que fueron asintomáticas. Se concluye que estas seis accesiones son las más valiosas para ser consideradas para mejoramiento genético puesto que presentan algún tipo de resistencia o tolerancia a la infección viral.

Palabras clave: *Physalis* spp., mejoramiento genético, infección viral

SUMMARY

Plant diseases of viral etiology currently represent one of the most serious and important challenges in the growing systems of cultivated plants. Plant breeding is an option for their management. The objective of this research was to detect possible viral disease-resistant sources. Twenty accessions of “tomatillo” (*Physalis* spp.) from the National Germplasm Bank of the Autonomous University of Chapingo were evaluated against mechanical inoculation of a mixture of five viruses: Alfalfa Mosaic Virus (AMV), Cucumber Mosaic Virus (CMV), Tobacco Etch Virus (TEV), Tobacco Mosaic Virus (TMV), and Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV). Plant growth and symptom expression were quantified. The serological tests (ELISA) were positive for the 20 accessions, and only six of them, symptomless, were selected. It is concluded that these six are the most valuable to be considered for breeding, for they show some type of resistance or tolerance to the viral infection.

Index words: *Physalis* spp., plant breeding, viral infection

INTRODUCCIÓN

En el mundo se reportan de 80 a 120 especies de *Physalis* spp, se indica que 70 de ellas se encuentran restringidas a México por lo que el territorio mexicano es considerado centro de origen y diversidad del taxón. Del total, 17 se extienden a EUA y América Central y tres a Guatemala. Además del número de especies, la alta riqueza genética de *Physalis* en México se expresa en la existencia de especies silvestres, toleradas, fomentadas, cultivadas y domésticas, asociadas a diferentes tipos de vegetación y condiciones ecológicas (Peña y Santiaguillo, 1999).

Las especies de *Physalis* se distribuyen en toda la República Mexicana, en una gran diversidad de ambientes, por lo que se les puede encontrar desde el nivel del mar hasta los 3570 msnm. No obstante, la mayoría de las especies prevalecen en estado silvestre y al menos 19 se recolectan en varios estados de México (Santiaguillo *et al.*, 2012).

Las enfermedades causadas por virus son de los principales factores que limitan el rendimiento y calidad del cultivo (Martínez, 2000). Su importancia o impacto radica en que reducen la producción y calidad en los cultivos, por no contar con herramientas químicas para su combate o control, por lo difícil o caro que resulta el diagnóstico de estas enfermedades, por la mezcla de virus que se presentan en la naturaleza y por la facilidad de transmisión (Urías y Valenzuela, 1992). Estudios realizados por De la Torre *et al.* (1998), en los que se aislaron y caracterizaron parcialmente varios virus en plantas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* B.) en los Estados de México, Puebla y Morelos, permitieron detectar la presencia de varios virus cuyo genoma está constituido por ARN de cadena sencilla, como el virus jaspeado del tabaco (TEV), mosaico del pepino (CMV), marchitez manchada del tomate (TSWV) y mosaico del tabaco (TMV). Los análisis serológicos (ELISA)

indicaron que infecciones en mezcla con varios de estos virus están ampliamente distribuidos en las zonas productoras de los Estados de México, Puebla y Morelos.

Una de las posibilidades para atenuar el impacto de los virus en la producción de tomate de cáscara es buscar fuentes de resistencia genética en la diversidad de germoplasma presente en México. Con este propósito se estudió la respuesta de 20 accesiones previamente seleccionadas, las cuales representarán el 10 % de 200 accesiones existentes en el Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo evaluadas por López (2015), por su tolerancia a la inoculación de una mezcla de cinco de los virus más importantes del tomate de cáscara, con el objetivo de detectar posibles fuentes de resistencia a enfermedades virales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente estudio se dividió en dos fases. La primera comprendió del periodo de julio-diciembre del año 2015 y se llevó a cabo en el invernadero de la Academia de Genética del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad, así como en el laboratorio de Virología Agrícola del Departamento de Parasitología Agrícola. La segunda fase se estableció en el lote X-2 del campo experimental de la universidad ubicado en la Carretera México-Texcoco Km 38.5, en Texcoco, Estado de México, en las coordenadas geográficas 19°49' LN y 98°87' LW y a una altitud de 2,250 metros sobre el nivel del mar.

Diseño de tratamientos

Con la determinación de encontrar accesiones como fuentes de resistencia, en la fase uno se utilizó como tratamiento una mezcla de los cinco principales virus que atacan al cultivo de tomate de cáscara los cuales fueron: Virus mosaico de la alfalfa (AMV), Virus de la marchitez

manchada del tomate (TSWV), Virus mosaico del pepino (CMV), Virus jaspeado del tabaco (TEV) y Virus mosaico del tabaco (TMV), más el testigo el cual fue inoculado con solución buffer. Se evaluaron 20 accesiones de *Physalis spp.* del Banco de Germoplasma de Especies Nativas del Departamento de Fitotecnia (Cuadro 1), previamente evaluadas y seleccionadas por López (2015) por su resistencia a virus. Para el segundo ciclo del cultivo se evaluó la progenie de las 20 accesiones del ciclo anterior, obtenida por cruza fraternales (Peña y Márquez, 1990) en cada una de las accesiones inoculadas con la mezcla de virus como en las no inoculadas, más seis variedades comerciales que se utilizaron como testigo.

Cuadro 1.- Relación de accesiones de *Physalis spp.* utilizadas en la investigación

NA	DESCRIPCION	NA	DESCRIPCIÓN
5	82 BNGEN	56	88 BNGEN
11	173 BNGEN	57	156 BNGEN
12	JAL 103	64	147 BNGEN
14	184 BNGEN	66	VERDE 01
15	128 BNGEN	87	181 BNGEN
18	32 BNGEN	106	209 BNGEN
26	48 BNGEN	133	JAL 01
35	170 BNGEN	147	201 BNGEN
39	VERDE L.	153	02 BNGEN
55	148 BNGEN	172	167 BNGEN

NA: Número de accesión de *Physalis spp.*; BNGEN: Banco Nacional de Germoplasma de Especies Nativas de la UACH.

Diseño experimental

En la primera fase del trabajo se usó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se establecieron las 20 accesiones inoculadas en unidades experimentales de seis plantas por repetición más las mismas 20 accesiones como testigo. Para la segunda

fase se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, tanto para las accesiones inoculadas como para las no inoculadas más seis variedades testigo (25 tratamientos en cada experimento). La unidad experimental constó de 20 plantas y los resultados se analizaron como una serie de experimentos.

Conducción del ensayo

Germoplasma

Las 20 accesiones de tomate de cáscara se sembraron en charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, utilizando peat-moss como sustrato.

Inoculación

La inoculación del material que se utilizó en la primera fase de estudio se realizó el 14 de agosto cuando las plantas tenían un promedio de 4 y 6 hojas verdaderas. En cada planta se inoculó la tercera y cuarta hojas consideradas del ápice hacia la base. La inoculación fue mecánica provocando pequeñas lesiones con la ayuda de carborundum para después frotar con un hisopo bañado con solución vírica, misma que se obtuvo macerando 5 g de tejido vegetal (1 g de inóculo de cada virus) en 50 ml de solución amortiguadora.

La fuente de inóculo para TMV y TEV fue *Nicotiana tabacum* var. Xanthi; para TSWV, *Datura stramonium*; para CMV, *Solanum lycopersicum*, y para AMV, *Medicago sativa*. Para la obtención del extracto infectivo se utilizó la solución amortiguadora o buffer de extracción base de fosfatos, con pH = 7, que fue elaborada previamente en el laboratorio de Virología del departamento de Parasitología Agrícola.

Cruzas fraternales

Con la finalidad de mantener la pureza genética de las accesiones e incrementar su semilla se realizaron cruzas fraternales en cada una de las accesiones y repeticiones, siguiendo la técnica descrita por Santiaguillo (2004).

Extracción de semilla

Se cosecharon todos los frutos resultado de las cruzas fraternales, se dejaron fermentar en bolsas de plástico, después se procedió a lavarlos con agua y se extrajo la semilla, misma que se dejó a secar en la sombra en bolsas de papel; después de unos días de secado se pasó a sobres más pequeños para su almacenamiento en un lugar fresco y seco.

Pruebas de ELISA

Para la determinación de la presencia de los virus en todas las muestras compuestas se realizó la detección con el ensayo serológico ligado a enzimas en doble sándwich (DAS-ELISA) durante dos días. Las muestras consistían en tejido colectado de dos hojas de cada planta de cada unidad experimental de cada repetición. Se pesó 0.2 gramos de cada muestra para posteriormente macerarlas con el buffer de extracción, se utilizó el extracto resultante para la realización de las pruebas; este procedimiento se llevó a cabo de igual manera para las muestras de tejido del segundo ciclo del cultivo para evaluar la transmisión de los virus por semilla. Se utilizaron antisueros policlonales específicos comerciales para la detección de los virus utilizados en el estudio (TSWV, CMV, TMV, AMV, TRSV y TEV). Los antisueros y procedimientos se adquirieron de la empresa FUMAPLANT provenientes de Agdia Co.

Variables respuesta

Sintomatología

Mediante la determinación visual se hicieron observaciones constantes después haber inoculado las plantas para detectar los síntomas que se indujeron como son: lesiones sistémicas o locales, manchas cloróticas o necróticas, enchinamiento, mosaicos ya sea rugoso o mosaico normal, moteados, manchas anulares, deformaciones, cálicos, filodias, islas verdes, entre otros.

Altura inicial y Altura final (cm)

La altura inicial de cada accesión se tomó un día antes de la inoculación de las accesiones y esta se midió desde la superficie de la base del sustrato hasta la punta de la rama más alta. Se realizaron en total seis muestreos durante el desarrollo de la planta para poder tener la altura final de cada una de ellas, misma que se tomó un día antes de que se removieran las plantas del invernadero y se llevó a cabo de igual forma que la inicial, desde la base de la superficie del sustrato hasta la rama más alta de cada planta.

Número de hojas

El número de hojas se contó un día antes de establecer el tratamiento e inocular la mezcla de virus en cada accesión de *Physalis* spp.; para tomar este dato solo se tomaron en cuenta las hojas que estaban formadas completamente y presentaban más de 1 cm² mismas que mostraron lamina, peciolo, nudo, entrenudo y yema axilar (López, 2015). Se realizaron seis muestreos en total durante el desarrollo de la planta, uno cada 20 días aproximadamente.

Presencia/ausencia de virus

Para la determinación de la presencia de los virus en todas las muestras compuestas se realizó la detección con el ensayo serológico ligado a enzimas en doble sándwich (DAS-

ELISA) durante dos días. La absorbancia de las posibles reacciones antígeno anticuerpo se registraron en un Micro lector con filtro de 492 nm, presente en el laboratorio de virología del departamento de Parasitología Agrícola. Se hicieron dos lecturas, la primera alrededor de 10 minutos después de la adición del sustrato y la segunda 20-30 minutos después de la primera lectura. La reacción positiva se consideró si la absorbancia de cada virus superó el promedio de los blancos multiplicado por tres o superior a la lectura de los testigos positivos incluidos en cada antisuero de cada placa presente en el equipo de detección serológica (Cruz y Frías, 1997).

Rendimiento

En la serie de experimentos de la fase dos se evaluó el rendimiento por planta (kg) en dos cortes (RPC1 y RPC2) así como tamaño de fruto, que se estimó como peso (g) de diez frutos en cada corte (P10FC1 y P10FC2). Con los datos de los dos cortes se calculó el rendimiento total por planta (RTP) y el peso promedio de diez frutos (PP10F). Los resultados obtenidos se analizaron con el programa SAS sometiéndose a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y a una prueba de comparación de medias de Tukey con $P = 0.05$. Se realizaron análisis estadísticos en los caracteres evaluados de acuerdo al diseño experimental bloques completos al azar en la primera fase y de serie de experimentos en bloques al azar en la segunda fase, donde para las interacciones significativas se realizaron pruebas de comparación de medias para el factor virus en cada variedad. Para los análisis utilizó el programa estadístico SAS versión 9.0 (SAS Institute Inc., USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sintomatología

La presencia de los síntomas se observó a los 22 días después de haber sido inoculada la mezcla de los cinco virus en las accesiones de *Physalis* sp. Los síntomas que se observaron fueron deformación de hojas, enanismo, cálico, “árbol de navidad”, islas verdes, mosaico rugoso, mosaico amarillo y filodias; estos síntomas coinciden con los reportados por De la Torre (2002), Pérez y Rico (2004). Cabe señalar que las accesiones tuvieron un comportamiento diferente en cuanto síntomas por repetición ya que en algunos casos en una o más repeticiones la misma accesión tenía diferentes síntomas o presencia de plantas asintomáticas, como es el caso de las accesiones 12 (JAL 103), 15 (12 BNGEN), 26 (48 BNGEN), 56 (88 BNGEN), 64 (147 BNGEN) y 147 (201 BNGEN).

Pruebas serológicas de ELISA

En la primera fase del trabajo las pruebas de ELISA que se realizaron a las plántulas inoculadas detectaron infecciones en varias de las accesiones (Cuadro A1), de igual manera se realizaron ELISAS a muestras de plántulas de las accesiones que fueron asintomáticas (Cuadro A2). En la fase de campo se realizaron pruebas de ELISA a las accesiones para detectar presencia de virus y probar transmisión por semilla de los virus (Cuadro A3).

Las infecciones con el Virus Mosaico del Alfalfa (AMV) resultaron positivas para las accesiones 147 (201 BNGEN) y 172 (167 BNGEN), cabe mencionar que más del 90 % de las accesiones (18 de 20) resultaron negativas para este virus. En el caso del Virus Mosaico del Pepino (CMV) las pruebas fueron positivas en las accesiones 12 (JAL 103), 26 (48 BNGEN), 56 (88 BNGEN) y 57 (156 BNGEN) y, al igual que en el CMV, la mayor parte de las accesiones (16 de 20) resultaron negativas a este virus. Para el Virus Mosaico del Tabaco el

100 % de las accesiones dieron resultado positivo. En cuanto a Virus Jaspeado del Tabaco (TEV) y Virus de la Marchitez Manchada del Tomate (TSWV) las pruebas serológicas dieron resultado positivo al menos a cinco accesiones en el caso del TEV y a 10 accesiones en el TSWV.

Las accesiones 12 (JAL 103), 15 (128 BNGEN), 56 (88 BNGEN), 64 (147 BNGEN) y 147 (201 BNGEN) dieron resultado positivo a Virus Mosaico del Tabaco; mientras que la accesión 26 (48 BNGEN) fue la única que resultó positiva para dos virus, los cuales fueron Virus Mosaico del Alfalfa y Virus Mosaico del Tabaco. Estas accesiones son las más valiosas para ser consideradas en un programa de mejoramiento genético pues presentan algún tipo de resistencia o tolerancia ya que las pruebas serológicas de ELISA se realizaron a muestras de plantas sin síntomas que si tenían presente algún virus, en este caso fueron AMV y TMV.

Los virus que fueron transmitidos por semilla fueron el TMV y TEV ya que dieron resultado positivo en varias accesiones (Cuadro A3). Esto corresponde con lo reportado por Álvarez (2006) y Reddick (2003) quienes argumentan que estos virus son transmitidos por semilla.

Análisis de varianza

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro A4) muestra que los factores repetición, accesión y la interacción virus por accesión presentan significancia estadística para todas las variables, excepto en A1 para los factores virus y repetición así como NH1 para el factor virus. Los coeficientes de variación de las variables son relativamente altos, pero comparables con los valores reportados por Rosas (1999) y López (2015) en trabajos anteriores muy similares; sin embargo; según Peña *et al.* (2008) esto se puede deber a la diversidad genética de las accesiones evaluadas así como a la alogamia de la especie.

Pruebas de comparación de medias

Altura de planta

Los resultados de la comparación de medias de las accesiones (Cuadro 2) muestran que la accesión 11 (173 BNGEN) se mantuvo constante desde el segundo muestreo y fue la accesión con las plantas de mayor altura, al igual que las accesiones 87 (181 BNGEN) y 106 (209 BNGEN) que a partir del segundo muestreo se mantuvieron estadísticamente iguales y estuvieron entre las plantas más altas. Mientras que la 153 (02 BNGEN) fue la accesión cuyas plantas mostraron mayor altura desde el primer muestreo misma que estuvo constante hasta el final. Por el contrario, la altura más baja correspondió a las plantas de las accesiones 18 (32 BNGEN) en el muestreo 1, 35 (170 BNGEN) en el muestreo 2, 39 (VERDE L.) en el muestreo 3,4 y 6 y la 5 (82 BNGEN) en el muestreo 5 y 6.

Número de hojas

La comparación de medias de la variable número de hojas en los seis muestreos (Cuadro 3) muestra que la accesión 66 (VERDE 01) fue la que presentó mayor número de hojas en el primer muestreo y la accesión 11 (173 BNGEN) en el muestreo 2, esta accesión se mantuvo constante hasta el último muestreo y presentó el mayor número de hojas hasta el final. La accesión 147 (201 BNGEN) se repuso al final de los muestreos, pues a pesar de no ser una de las primeras en muestreos iniciales terminó en uno de los primeros lugares. Las accesiones 57 (156 BNGEN) y 87 (181 BNGEN) se mantuvieron dentro de las accesiones que presentaron mayor número de hojas durante los muestreos y al final de estos, lo cual indica que tuvieron un desarrollo normal y uniforme; sin embargo; las accesiones que presentaron menor número de hojas en el muestreo 1 fueron la 11(173 BNGEN), 56 (88 BNGEN), 133 (JAL 01) y 147 (201 BNGEN). En el muestreo 2 la accesión con menos hojas

fue la 35 (170 BNGEN), la 18 (32 BNGEN) en el muestreo 4 y 5 así como la accesión 5 (82 BNGEN) en el muestreo 3, 4, 5 y 6, accesión que fue la más baja tanto en altura de planta como en número de hojas, lo cual puede ser debido a que es una población tardía y silvestre.

Según Magdaleno *et al.* (2006), estas dos variables permiten saber si las plántulas tienen la edad suficiente para que sean trasplantadas, debido a que dependen tanto de la edad como del genotipo no pueden ser consideradas como un indicador confiable.

Rendimiento

Los resultados de esta variable (Cuadro 4) muestran que las variedades testigo, que son las accesiones 200 (Diamante), 201 (Manzano), 202 (Morado San Miguel), 203 (Poblacion 3), 204 (Puebla) y 205 (Tecoautla 04) pertenecen al grupo superior, ya que fueron los que presentaron mayor rendimiento; sin embargo, dentro de este grupo la accesión 202 (Morado San Miguel) fue la de que menor tamaño de fruto presentó, esto debido a que su fenotipo es de tamaño pequeño. En cuanto a las accesiones evaluadas las que presentaron mayor rendimiento y tamaño de fruto fueron la 5 (82 BNGEN), 14 (184 BNGEN), 55 (148 BNGEN), 106 (209 BNGEN); las accesiones 12 (JAL 103), 64 (147 BNGEN), 133 (JAL 01) y 147 (201 BNGEN) mostraron tener buen rendimiento pero no un buen tamaño de fruto. Estos resultados se deben a que las variedades testigo son producto del programa de mejoramiento genético, donde el principal criterio de selección ha sido rendimiento, y las accesiones son colectas tanto cultivadas como silvestres (Peña *et al.*, 2008; Peña *et al.*, 2014). Esta información es de mucha utilidad para incorporar algún tipo de tolerancia a las variedades que fueron tomadas como testigos, ya que las accesiones evaluadas fueron previamente seleccionadas por resistencia al menos a un virus. Con base en esto, se puede decir que las accesiones 5 (82 BNGEN), 14 (184 BNGEN), 55 (148 BNGEN) y 106 (209

BNGEN) pueden ser elegidas para incorporarse a un programa de mejoramiento para resistencia a virus, ya que presentaron un buen rendimiento y tamaño de fruto muy similar al de las variedades testigo, por lo cual no se afectaría mucho el fenotipo de estas variedades.

Análisis de interacciones Virus x Accesoión

Altura de planta

Para esta variable resultaron significativas las interacciones virus por accesoión en todos los muestreos. En la fecha dos la tendencia general fue que las plantas inoculadas presentaron una menor altura que los testigos. Sin embargo, en las accesiones 39 (VERDE L), 106 (209 BNGEN) y 153 (02 BNGEN) no se encontraron diferencias significativas ($p = 0.05$) entre plantas inoculadas y testigos sin inocular. La accesoión 106 (209 BNGEN) es la causante de que la interacción sea significativa en los muestreos posteriores, pues en el muestreo cuatro la diferencia entre plantas inoculadas y testigos no fue significativa, y esta misma diferencia fue la más baja para los muestreos tres, cinco y seis (Figura 1d). Este comportamiento diferente puede deberse al origen de las colectas, ya que la mayoría de las accesiones fueron colectadas en el centro occidente del país (Jalisco), mientras que la 106 es originaria de la región de los volcanes en el centro de la República Mexicana.¹

Número de hojas

A diferencia de la variable altura de planta, donde se identificó la tendencia de que una sola accesoión fue responsable de la interacción, para el número de hojas se pueden identificar distintas accesiones con comportamiento diferente del resto en cada muestreo. En el segundo muestreo se encontraron cinco accesiones 12 (JAL 103), 35 (170 BNGEN), 87 (181 BNGEN), 106 (209 BNGEN) y 153 (02 BNGEN) no presentaron diferencias significativas

¹Comunicación personal. Dr. Aureliano Peña Lomelí. 2016. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, Academia de Genética. Chapingo, Estado de México.

($p = 0.05$), mientras que para el resto de las accesiones hubo mayor número de hojas en las plantas testigo que en las inoculadas. En el muestreo cuatro el número de hojas fue estadísticamente igual entre las plantas inoculadas y las testigo para la accesión 11 (173 BNGEN). En los muestreos tres, cinco y seis se encontraron diferencias significativas en el número de hojas entre plantas inoculadas y sin inocular para todas las accesiones. Sin embargo, en el muestreo tres el número de hojas de la accesión 106 fue muy similar, lo que pudo ocasionar la interacción significativa en este muestreo. En la Figura 2a se puede observar que en los muestreos cuatro y cinco las plantas inoculadas de la accesión 11 rompen la tendencia general, pues su número de hojas se acerca al de los testigos. En el mismo muestreo seis se observa que el número de hojas de la accesión 12 sin inocular rompe la tendencia, pues se acerca al de la misma accesión inoculada.

Cuadro 2. Comparación de medias de altura de planta (cm) evaluadas en plantas de tomate de cáscara (*Physalis spp.*)

ACC	A1		A2		A3		A4		A5		A6	
5	12.65	a-f ^z	25.09	d-g	45.76	d-f	66.27	f-g	96.20	f	106.83	e
11	9.12	f-i	31.00	a	59.85	a	97.09	a-b	151.58	a	166.79	a
12	12.41	a-f	23.97	e-g	46.88	d-f	73.69	e-g	120.19	b-f	132.16	b-d
14	12.83	a-e	23.15	f-i	46.03	d-f	77.76	c-g	120.61	b-f	131.03	b-e
15	11.20	d-g	24.64	d-g	47.73	c-e	83.33	a-f	122.70	b-e	136.27	b-d
18	5.99	i	26.39	b-g	49.79	b-e	79.33	b-g	107.36	d-f	118.24	d-e
26	11.65	b-g	21.18	g-i	44.58	d-f	76.59	d-g	112.22	d-f	123.22	d-e
35	8.65	g-i	19.08	l	46.79	d-f	89.06	a-e	130.49	a-d	145.55	a-d
39	10.02	e-h	19.55	h-i	37.85	f	63.33	g	97.97	e-f	106.61	e
55	14.17	a-d	25.85	c-f	47.76	c-e	80.06	b-g	114.36	d-f	122.85	d-e
56	12.41	a-f	27.91	a-e	47.46	d-f	75.94	d-g	111.79	d-f	119.76	d-e
57	10.59	d-h	28.23	a-d	49.91	b-e	81.30	b-g	111.27	d-f	122.21	d-e
64	15.03	a-c	23.58	f-h	45.06	d-f	78.61	c-g	119.03	b-f	130.00	b-e
66	15.44	a	30.06	a-b	54.36	a-d	86.03	a-e	121.09	b-f	128.91	b-e
87	11.33	c-g	26.94	a-f	58.55	a-b	95.33	a-c	141.70	a-c	154.15	a-c
106	7.36	h-i	28.03	a-e	60.73	a	99.79	a	143.52	a-b	155.94	a-b
133	12.08	a-g	21.33	g-i	42.94	e-f	70.97	e-g	117.49	c-f	132.52	b-e
147	15.18	a-b	26.09	b-f	47.73	c-e	72.00	e-g	118.64	b-f	132.97	b-e
153	15.20	a-b	29.82	a-c	57.33	a-c	92.49	a-d	128.67	a-d	139.73	a-d
172	9.36	e-i	19.46	h-i	40.94	e-f	76.76	d-g	123.76	b-e	134.91	b-d
DMSH	3.69		4.16		9.78		18.23		25.81		27.67	

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, P = 0.05); ACC: Número de accesión; NH1, NH2, NH3, NH4, NH5 y NH6: Altura de planta en el muestreo 1, 2, 3, 4, 5 y 6 respectivamente; DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

Cuadro 3. Comparación de medias de número de hojas evaluadas en plantas de tomate de cáscara (*Physalis spp.*)

ACC	NH1		NH2		NH3		NH4		NH5		NH6	
5	4.97	a-c ^z	21.06	b-e	39.30	d	160.10	f-h	273.17	f	390.97	h
11	4.76	c	29.09	a	67.00	a-b	319.64	a	573.70	a	761.67	a
12	5.15	a-c	19.33	d-e	56.44	a-d	193.28	d-h	348.00	c-f	474.97	f-h
14	4.94	a-c	21.15	b-e	46.27	c-d	214.21	b-f	372.70	b-e	573.09	b-f
15	5.12	a-c	20.42	b-e	50.64	b-d	214.45	b-f	381.91	b-d	557.91	c-g
18	4.91	b-c	24.70	a-c	56.82	a-c	159.33	g-h	277.15	f	432.67	g-h
26	5.24	a-c	21.06	b-e	58.55	a-c	204.56	c-h	360.84	b-f	530.81	d-g
35	4.91	b-c	17.49	f	53.52	a-d	217.39	b-e	348.18	c-f	673.82	a-c
39	4.94	a-c	21.42	b-e	52.58	a-d	156.09	h	285.67	e-f	448.94	f-h
55	4.88	b-c	19.49	c-e	46.18	c-d	253.61	b-c	384.97	b-d	551.76	c-g
56	4.67	c	23.46	c-e	51.46	a-d	192.64	d-h	339.24	c-f	549.58	c-g
57	5.06	a-c	21.42	b-e	51.36	a-d	195.64	d-h	336.36	c-f	625.39	b-e
64	5.09	a-c	18.85	e-f	47.36	c-d	186.97	d-h	349.88	c-f	511.64	e-h
66	5.64	a	19.91	b-e	64.12	a-d	212.97	b-g	421.52	b-c	644.45	a-e
87	5.48	a-b	22.61	b-e	61.12	a-c	217.76	b-e	374.45	b-e	702.79	a-b
106	5.09	a-c	24.46	a-d	67.82	a	224.42	b-d	401.00	b-c	552.85	c-g
133	4.73	c	19.12	e-f	49.88	b-d	184.52	d-h	359.91	c-f	576.03	b-f
147	4.76	c	23.39	b-e	46.88	c-d	212.73	b-g	382.64	b-d	655.36	a-d
153	5.55	a-b	24.85	a-b	68.30	a	266.61	a-b	451.42	b	632.61	a-e
172	5.21	a-c	19.61	b-f	51.49	a-d	167.79	e-h	299.45	d-f	472.70	f-h
DMSH	0.72		5.33		17.28		5.03		91.18		135.59	

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, P = 0.05); ACC: Número de accesión; NH1, NH2, NH3, NH4, NH5 y NH6: Altura de planta en el muestreo 1, 2, 3, 4, 5 y 6 respectivamente; DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

Cuadro 4. Comparación de medias de rendimiento por planta y tamaño de fruto de tomate de cáscara (*Physalis spp.*).

ACC	RPC1		RPC2		RTP		P10FC1		P10FC2		PP10F	
5	0.603	a-e ^z	0.576	a-c	1.178	a-c	367.5	b-d	297.6	a-e	332.6	b-e
11	0.368	b-f	0.504	a-c	0.873	a-f	198.4	d	183.1	d-i	190.8	d-h
12	0.648	a-d	0.437	a-c	1.085	a-e	305.5	b-d	244.9	c-g	275.2	c-f
14	0.420	a-f	0.453	a-c	0.873	a-f	332.7	b-d	319.7	a-d	326.2	b-e
18	0.379	b-f	0.373	b-d	0.751	c-f	204.7	d	192.5	d-i	198.6	d-h
26	0.015	f	0.088	e-d	0.103	g	267.0	c-d	32.3	h-i	37.4	g-h
35	0.164	d-f	0.290	e-c	0.454	g-f	219.8	d	95.7	g-i	115.0	f-h
39	0.590	a-e	0.377	a-c	0.966	a-f	248.0	c-d	169.1	d-i	194.3	d-h
55	0.760	a-c	0.531	a-c	1.290	a-c	400.8	b-d	350.0	a-d	375.4	a-d
56	0.441	a-f	0.519	a-c	0.960	a-f	215.8	d	168.6	d-i	192.2	d-h
57	0.382	b-f	0.406	a-c	0.788	b-f	239.4	c-d	189.6	d-i	214.5	d-h
64	0.824	a-b	0.429	a-c	1.253	a-c	350.9	b-d	234.3	d-g	292.6	c-f
66	0.177	d-f	0.379	a-c	0.556	d-g	327.3	b-d	104.0	f-i	123.1	f-h
87	0.153	e-f	0.360	b-d	0.513	e-g	238.9	c-d	116.7	e-i	153.2	e-h
106	0.541	a-e	0.491	a-c	1.032	a-f	351.4	b-d	303.6	a-d	327.5	b-e
133	0.528	a-e	0.581	a-c	1.109	a-d	262.3	d-c	211.3	d-i	236.8	d-f
147	0.550	a-e	0.432	a-c	0.983	a-f	326.1	b-d	236.5	d-g	281.3	c-f
153	0.313	c-f	0.499	a-c	0.812	b-f	233.3	c-d	214.9	d-h	220.1	d-g
172	0.000	f	0.062	e	0.062	g	-		18.2	i	18.2	h
200	0.855	a-b	0.574	a-c	1.429	a	484.4	a-c	428.1	a-c	456.3	a-c
201	0.714	a-c	0.397	a-c	1.111	a-d	475.9	a-c	309.0	a-d	365.1	a-d
202	0.674	a-c	0.412	a-c	1.086	a-e	319.9	b-d	242.6	c-g	262.9	c-f
203	0.893	a	0.463	a-c	1.357	a-b	382.9	b-d	283.8	b-f	333.3	b-e
204	0.412	a-f	0.662	a	1.073	a-e	543.5	a-b	460.4	a-b	501.9	a-b
205	0.807	a-c	0.503	a-c	1.309	a-c	703.7	a	472.5	a	545.4	a
DMSH	0.494		0.287		0.592		251.2		186.0		199.1	

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales (Tukey, P= 0.05); ACC: Accesión; RPP1: Rendimiento por planta del corte 1 (kg); RPP2: Rendimiento por planta del corte 2 (kg); RTP: Rendimiento total por planta (kg); P10F1: Peso de diez frutos del corte 1 (g); P10F2: Peso de diez frutos del corte 2 (g); PP10F: Peso promedio de diez frutos (g); DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

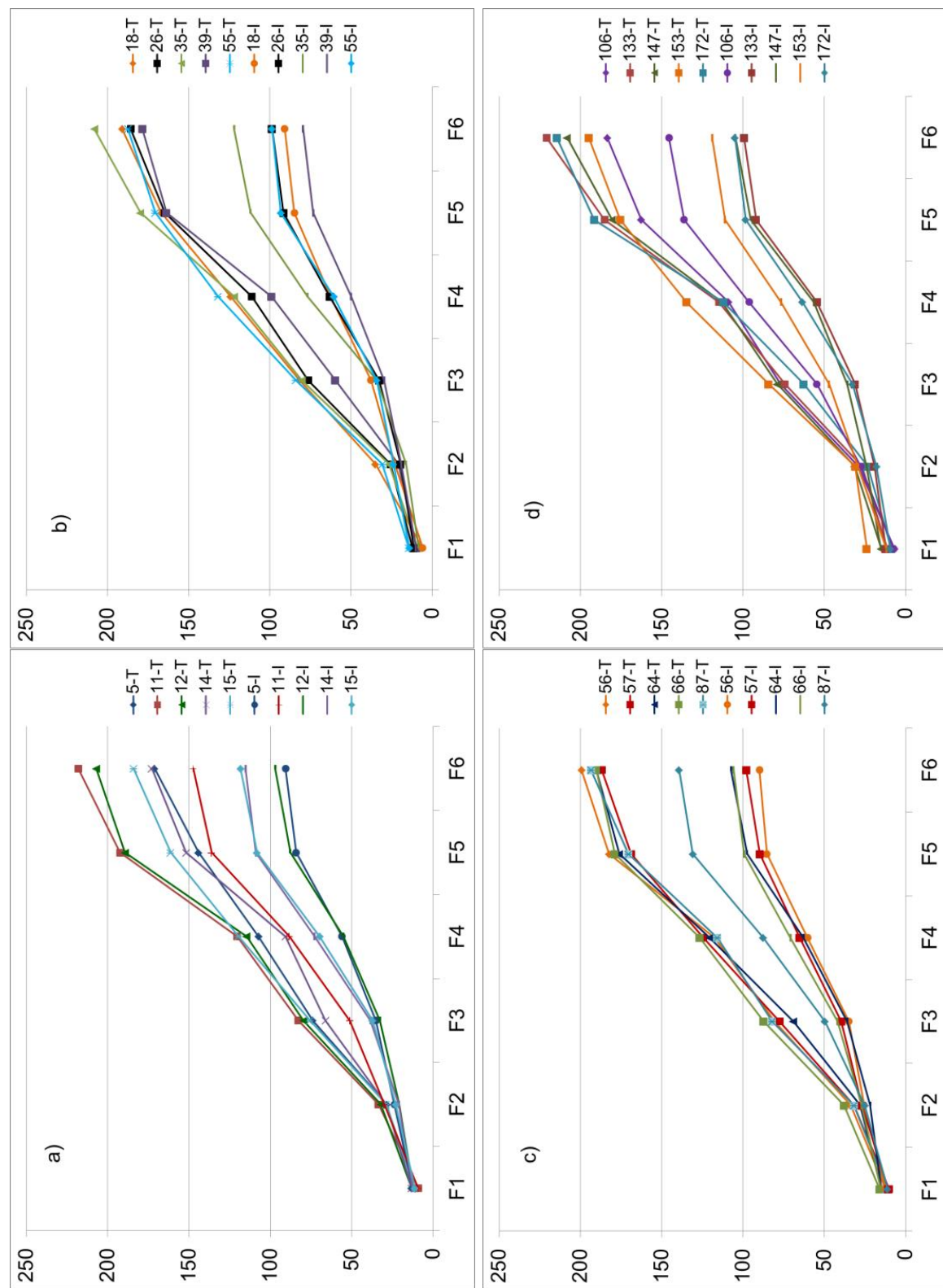


Figura 1 Interacciones Virus*Accesión para variable altura de planta. T: testigo sin inocular, I: Inoculada. F1: muestreo 1; F2: muestreo 2; F3: muestreo 3; F4: muestreo 4; F5: muestreo 5; F6: muestreo 6. a) Acciones 5, 11, 12, 14 y 15; b) Acciones 18, 26, 35, 39 y 55; c) Acciones 106, 133, 147, 153 y 172. d) Acciones 106, 133, 147, 153 y 172.

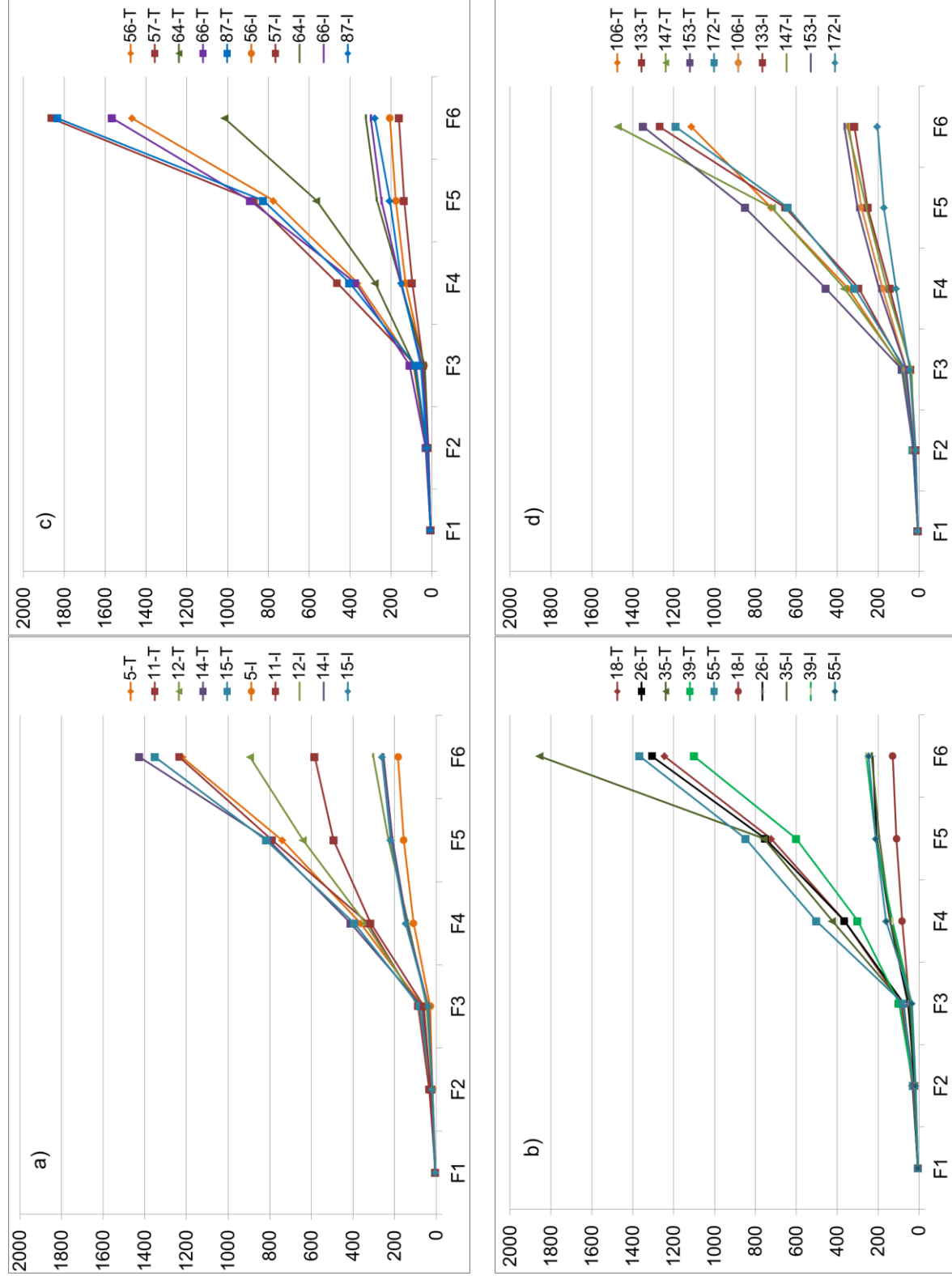


Figura 2 Interacciones Virus*Accesión para variable número de hojas. T: testigo sin inocular, I: Inoculada. F1: muestreo 1; F2: muestreo 2; F3: muestreo 3; F4: muestreo 4; F5: muestreo 5; F6: muestreo 6. a) Accesiones 5, 11, 12, 14 y 15; b) Accesiones 18, 26, 35, 39 y 55; c) Accesiones 56, 57, 64, 66 y 87; d) Accesiones 106, 133, 147, 153 y 172.

CONCLUSIONES

Se encontraron accesiones con resistencia o tolerancia a los virus evaluados, pues de acuerdo a las pruebas serológicas al menos una accesión resultó negativa a cada uno de los virus estudiados.

La accesión 26 (48 BNGEN) resultó positiva para AMV y TMV en pruebas realizadas a muestras sin síntomas, lo cual muestra un tipo de tolerancia a la infección viral.

Las accesiones 12 (JAL 103), 15 (128 BNGEN), 56 (88 BNGEN), 64 (147 BNGEN) y 147 (201 BNGEN) dieron resultado positivo a VMT en la prueba realizada a muestras sin síntomas.

Las accesiones 12 (JAL 103), 15 (128 BNGEN), 26 (48 BNGEN), 56 (88 BNGEN), 64 (147 BNGEN) y 147 (201 BNGEN) son las más valiosas para ser consideradas en un programa de mejoramiento genético puesto que presentan algún tipo de resistencia o tolerancia a virus.

Las accesiones que mostraron mayor rendimiento y tamaño de fruto fueron la 5 (82 BNGEN), 14 (184 BNGEN), 55 (148 BNGEN) y 106 (209 BNGEN), similares a las variedades testigo en rendimiento pero resistentes al virus TMV.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, R. P., G. C. Gámez, E. L. Leyva y L. J. Méndez. (2006). First report of Tomato chlorosis virus infecting tomato crops in Sinaloa, México. British Society for Plant Pathology, 56(6), 14-40.

Cruz F., M. y A. G. Frías. (1997). Guía ilustrada de la prueba de inmunoabsorción 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 Diagnostico Fitosanitario. México, D. F. 23 p.

De la Torre, A. R., Téliz, D. O., Barrón, B. R., Cárdenas, E. S. y E. L. García. (1998).

Identificación de un complejo viral en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* B.) en la región centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 16(1), 1-11.

López, S. C. (2015). Resistencia a virus en germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis* spp). Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo, México. 67 p.

Magdaleno-Villar, J. J.; A. Peña-Lomelí; R. Castro-Brindis.; A. M. Castillo-González.; A. Galvis-Spinola,; F. Ramirez-Pérez.; B. Hernandez-Hernandez. (2006). Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12 (2): 223-229.

Peña L. A.; J. D. Molina-Galán; J. Sahagún-Castellanos; J. Ortiz-Cereceres; F. Márquez-Sánchez; T. Cervantes-Santana y J. F. Santiaguillo-Hernández (2008). Parámetros genéticos en la variedad ChF1 Chapingo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(1): 5-11.

Peña, L. A., J. F. Santiaguillo H. (1999). Variabilidad Genética de tomate de cascara en México. Departamento de Fitotecnia. Programa Nacional de Investigación de Oleicultura. Universidad Autónoma Chapingo. Boletín Técnico #3. 26 p.

Pérez M., L.; J. E. Rico. (2004). Virus fitopatógenos en cultivos hortícolas de importancia económica en el estado de Guanajuato. Primera edición. Universidad de Guanajuato. 25:11-17.

Reddick, B. B. (2003). Tobacco etch virus. Compendium of pepper disease. APS APRESS.
38 p.

Rosas, M. A. (1999). Respuesta de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis* spp) a virus que provocan la enfermedad “Chino del tomate”. Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 82 p.

Santiaguillo H. J.F., S. Cervantes y A. Peña L. (2004). Selección para rendimiento y calidad de fruto de cruza y planta x planta entre dos variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Fitotecnia Mexicana. 27(1): 85-91.

Urías M., C. y Valenzuela U., J.G. (1992). Importancia de las enfermedades virales en la producción agrícola en México. En: áfidos como vectores de virus en México. Colegio de Postgraduados. Montecillos. México. 1:8-13.

APÉNDICE

Cuadro A1. Resultados de las pruebas serológicas de ELISA realizadas a plántulas de *Physalis* spp. inoculadas con la mezcla de virus

NA	AMV	CMV	TMV	TEV	TSWV
5	-	-	+	+	-
11	-	-	+	-	+
12	-	+	+	-	-
14	-	-	+	-	-
15	-	-	+	+	+
18	-	-	+	-	-
26	-	+	+	-	+
35	-	-	+	-	-
39	-	-	+	-	+
55	-	-	+	-	+
56	-	+	+	-	-
57	-	+	+	+	-
64	-	-	+	-	+
66	-	-	+	+	-
87	-	-	+	-	-
106	-	-	+	-	+
133	-	-	+	-	+
147	+	-	+	-	-
153	-	-	+	-	-
172	+	-	+	+	+

NA: Número de accesión; +: Resultado positivos a presencia de virus; -: Resultado negativo a presencia de virus; AMV: Virus Mosaico de la Alfalfa; CMV: Virus Mosaico del Pepino; TMV: Virus Mosaico del Tabaco; TEV: Virus Jaspeado del Tabaco; TSWV: Virus de la Marchitez Manchada del Tomate.

Cuadro A2. Resultados de las pruebas de ELISA realizadas a muestras sin síntomas

NA	AMV	CMV	TMV	TEV	TSWV
5	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-
12	-	+	-	-	-
14	-	-	-	-	-
15	-	-	+	-	-
18	-	-	-	-	-
26	-	+	+	-	-
35	-	-	-	-	-
39	-	-	-	-	-
55	-	-	-	-	-
56	-	-	+	-	-
57	-	-	-	-	-
64	-	-	+	-	-
66	-	-	-	-	-
87	-	-	-	-	-
106	-	-	-	-	-
133	-	-	-	-	-
147	-	-	+	-	-
153	-	-	-	-	-
172	-	-	-	-	-

NA: Número de accesión; +: Resultado positivos a presencia de virus; -; Resultado negativo a presencia de virus; AMV; Virus Mosaico de la Alfalfa; CMV: Virus Mosaico del Pepino; TMV: Virus Mosaico del Tabaco; TEV: Virus Jaspeado del Tabaco; TSWV: Virus de la Marchitez Manchada del Tomate.

Cuadro A3. Resultados pruebas de ELISA para transmisión por semilla

NA	AMV	CMV	TMV	TEV	TSWV
5	-	-	+	-	-
11	-	-	-	-	-
12	-	-	+	-	-
14	-	-	+	+	-
15	-	-	+	+	-
18	-	-	-	-	-
26	-	-	-	+	-
35	-	-	-	-	-
39	-	-	+	-	-
55	-	-	+	-	-
56	-	-	+	+	-
57	-	-	-	-	-
64	-	-	+	-	-
66	-	-	-	+	-
87	-	-	+	+	-
106	-	-	-	-	-
133	-	-	+	+	-
147	-	-	+	-	-
153	-	-	-	-	-
172	-	-	-	-	-

NA: Número de accesión; +: Resultado positivos a presencia de virus; -: Resultado negativo a presencia de virus; AMV: Virus Mosaico de la Alfalfa; CMV: Virus Mosaico del Pepino; TMV: Virus Mosaico del Tabaco; TEV: Virus Jaspeado del Tabaco; TSWV: Virus de la Marchitez Manchada del Tomate.

Cuadro A4. Análisis de varianza de seis variables medidas en 20 accesiones de tomate de cáscara (*Physalis* spp.) de acuerdo al comportamiento de la mezcla de cinco virus que afectan al cultivo

FV	GL	A1		NH1		A2		NH2	
REP	3	0.6956	*	0.8743	**	80.4174	**	113.5410	**
ACC	19	227.7972	**	1.7807	**	340.6136	**	172.5230	**
VIR	1	37.6712	NS	0.1800	*	3254.9001	**	5239.4672	**
VIR*ACC	19	47.3663	**	1.4538	**	61.8369	**	96.3590	**
Error	617	17.7790		0.6766		22.5600		36.9493	
Total	659								
CV		36.2470		16.2739		18.9484		28.0845	
		A3		NH3		GL		A4	
REP	3	311.25	NS	8098.72	**	3	1373.71	*	42593.99
ACC	19	980.94	**	1510.79	**	19	1878.44	**	36661.99
Virus	1	108842.23	**	117661.01	**	1	158906.16	**	3594545.49
VIR*ACC	19	370.00	**	1043.50	**	19	1490.84	**	38517.77
Error	616	124.42		388.39		612	429.48		3818.82
Total	658					654			
CV		22.81		36.26			25.63		29.71
		A5		NH5			A6		NH6
REP	3	15849.68	**	211077.22	**		18276.36	**	417332.18
ACC	19	3248.11	**	103141.98	**		4189.50	**	451577.28
VIR	1	300196.51	**	18065581.37	**		442562.66	**	76510103.55
VIR*ACC	19	2660.73	**	90973.48	**		2875.39	**	595983.48
Error	611	859.19		10721.14			987.31		23707.30
Total	653								
CV		24.29		28.24			23.78		27.15

**** Significativo a una $p \leq 0.01$; FV: Factor de variación; GL: Grados de libertad; A1: Altura de planta del muestreo uno; A2: Altura de planta del muestreo dos; A3: Altura de planta del muestreo tres; A4: Altura de la planta del muestreo cuatro; A5:Altura de la planta del muestreo cinco; A6:Altura de la planta del muestreo seis; NH1:Número de hojas en el muestreo uno; NH2:Número de hojas en el muestreo dos; NH3:Número de hojas en el muestreo tres; NH4:Número de hojas en el muestreo cuatro; NH5: Número de hojas en el muestreo cinco; NH6: Número de hojas en el muestreo seis; REP: Repetición; ACC: Accesión; VIR: Virus; VIR*ACC: Virus por Accesión; CV: Coeficiente de Variación.**

Cuadro A5. Análisis de varianza del rendimiento en tomate de cáscara (*Physalis* spp.)

FV	GL	RPP1		RPP2		RTP		P10F1		P10F2		PP10F	
REP	6	0.0542	NS	0.0244	NS	0.1074	NS	2361.98	NS	6122.87	NS	5433.15	NS
VAR	24	0.5021	**	0.1267	**	0.9231	**	99420.63	**	104475.93	**	124985.89	**
FE	1	0.3596	*	0.3485	**	1.4160	**	6365.55	NS	47200.55	*	10597.63	NS
VAR*FE	24	0.0710	NS	0.0234	NS	0.1087	NS	21689.83	*	17168.72	**	22732.81	**
Error	141	0.0675		0.0228		0.0970		12511.71		9562.78		10967.88	
Total	196												
CV		53.3392		34.9556		33.9005		32.99		41.86		39.99	

** Significativo a una $p \leq 0.01$; FV: Factor de variación; GL: Grados de libertad; RPP1: Rendimiento por planta corte 1; RPP2: Rendimiento por planra corte 2; RTP: Rendimiento Total; P10F1: Peso de 10 frutos corte 1; P10F2: Peso de 10 de frutos corte 2; PP10F: Peso promedio de 10 frutos; REP: Repetición; ACC: Acceso; VAR: Variedad; FE: Fecha de corte; VAR*FE: Variedad por fecha; CV: Coeficiente de Variación.



a)



b)



c)



d)

Figura A1. Expresiones fenotípicas observadas en plantas de tomate de cáscara inoculadas con la mezcla de cinco virus (AMV, CMV, TEV, TMV y TSWV). a) Plantas testigo; b) Planta asintomática; c) Enchinamiento y mosaico rugoso; d) Mosaico liso.



a)



b)



c)



d)

Figura A2 Expresiones fenotípicas observadas en plantas de tomate de cáscara inoculadas con la mezcla de cinco virus (AMV, CMV, TEV, TMV y TSWV). a) Filodia; b) Enanismo; c) Cálico, isla verde y mosaico rugoso; d) árbol de navidad.