



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**MANEJO DE LA SECADERA (*Fusarium oxysporum*) EN TOMATE DE
CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.).**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA

YOLANDA ESTELA MIRANDA ANGELES

FEBRERO DE 2016

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO



**DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**



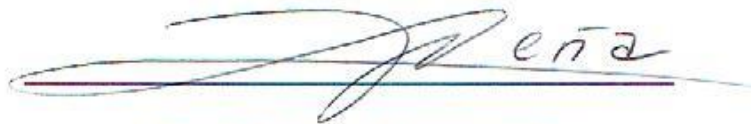
Instituto de Horticultura

**Manejo de la Secadera (*Fusarium oxysporum*) en Tomate de Cáscara
(*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.).**

Tesis realizada por **Yolanda Estela Miranda Angeles** bajo la dirección del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

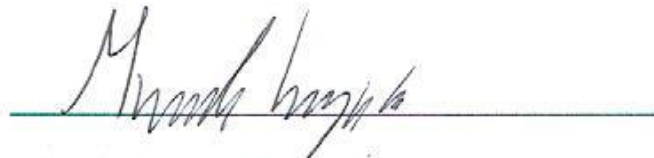
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR



DR. AURELIANO PEÑA LOMELÍ

ASESOR:



DR. SANTOS GERARDO LEYVA MIR

ASESOR:



DR. MARIO PÉREZ GRAJALES

ASESOR:



M.C. NATANAEL MAGAÑA LIRA

DEDICATORIA

A MI PADRE, **JUAN FELIPE MIRANDA ALMERAYA**, QUIEN HA SIDO PARA MI UN EJEMPLO DE PERSEVERANCIA, ESFUERZO, TENACIDAD Y TRABAJO ÁRDUO.

A MI MADRE, **ESTELA ANGELES LÓPEZ**, QUIEN ME HA DADO SU APOYO, PACIENCIA E IMPULSO INCONDICIONALES.

A LOS DOS, MUCHAS GRACIAS POR ESTAR SIEMPRE CONMIGO.

A MIS HERMANOS: **JUAN FELIPE**, POR SUS ENSEÑANZAS Y OPTIMISMO; **VLADIMIR PABLO**, POR SUS CONSEJOS Y AYUDA; Y **RICARDO ISRAEL**, POR SUS CUIDADOS Y APOYO. A LOS TRES, LOS ADMIRO Y ESPERO SEGUIR COMPARTIENDO MUCHAS RISAS Y FELICIDAD.

A MIS PEQUEÑOS SOBRINOS **JESÚS PABLO Y ALEJANDRO**.

A MI COMPAÑEROS Y AMIGOS DE MAESTRÍA: **EFRÉN, ALDO, CRISTIAN Y MONSE** POR HACER MÁS AMENO ESTE RECORRIDO. A **CRISTHYAN DAVID** POR SU AYUDA Y APOYO CONSTANTES. MIL GRACIAS Y MUCHA SUERTE EN SU CAMINO.

AGRADECIMIENTOS

A LA **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**, INSTITUCIÓN QUE ME HA FORJADO PROFESIONALMENTE.

AL **CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACyT)**, POR EL APOYO ECONÓMICO OTORGADO PARA MIS ESTUDIOS.

A MIS ASESORES: **DR. AURELIANO PEÑA LOMELÍ, DR. SANTOS GERARDO LEYVA MIR, DR. MARIO PÉREZ GRAJALES Y M.C. NATANAEL MAGAÑA LIRA.** MIL GRACIAS POR TODA SU AYUDA, ANÉCDOTAS, ENSEÑANZAS Y PACIENCIA PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

A TODOS MIS **PROFESORES Y PERSONAL ADMINISTRATIVO DEL POSGRADO**, QUIENES CONTRIBUYERON A MI FORMACIÓN ACADÉMICA.

A **CÉSAR Y OMAR**, POR SU GRAN AYUDA EN LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO.

DATOS BIOGRÁFICOS

Yolanda Estela Miranda Angeles nació el 27 de Abril de 1990 en Texcoco, Estado de México.

Se recibió como Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo, en la generación 2008-2012, con el trabajo de Investigación “ENTOMOFAUNA E IDENTIFICACIÓN DE *Rhizoctonia solani* Kuhn EN *Echeveria gibbiflora* D.C., (CRASULACEA) EN VILLA GUERRERO, ESTADO DE MÉXICO”. Bajo la supervisión de la Bióloga Amalia Pérez Valdez y el Dr. Gerardo Leyva Mir.

Durante el año 2013 laboró en una Unidad de Verificación Fitosanitaria tomando capacitación en Normas Oficiales Mexicanas, realizando proyectos de Guarda Cuarentena Custodia, realizando exámenes y siendo aprobada en las: NOM-001-FITO-VIGENTE, NOM-068-FITO-VIGENTE y ACUERDO HLB.

En el año 2014 ingresó a la Maestría en Horticultura en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

**MANEJO DE LA SECADERA (*Fusarium oxysporum*) EN TOMATE DE
CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.).**

**MANAGEMENT OF FUSARIUM ROOT ROT (*Fusarium oxysporum*) IN
TOMATILLO (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.).**

La secadera disminuye la calidad de fruto de tomate de cáscara y puede causar pérdidas totales en rendimiento. El objetivo fue identificar la especie de *Fusarium* que ataca al cultivo y evaluar su incidencia, severidad y control. El estudio se realizó en dos ciclos. En el primero se evaluaron ambientes (con y sin acolchado), densidades (hilera sencilla y doble) y variedades (Manzano, Diamante, Gema y Tecozautla), y se identificó la especie de *Fusarium* presente. En el segundo, se evaluaron los mismos ambientes y variedades, y cuatro productos (Procloraz, Boscalid+Pyraclostrobin, Benomilo y *Trichoderma* spp.). Las variables respuesta fueron incidencia, severidad, rendimiento y peso de fruto. Se identificó a *Fusarium oxysporum* como agente causal de la secadera. En acolchado hubo mayor rendimiento y menos severidad. La hilera sencilla presentó menor incidencia y mayor rendimiento por planta. Hubo mayor rendimiento por unidad de superficie con hilera doble. Gema presentó menor incidencia, pero menor rendimiento. *Trichoderma* spp. controló *Fusarium* igual en ambos ambientes.

Palabras clave: incidencia, severidad, control

The *Fusarium* root rot decreases quality in fruit of tomatillo and may cause total yield losses. The objective was to identify the *Fusarium* specie which affect the crop and to evaluate its incidence, severity and control. The study was conducted in two cycles. In the first assessed, environments (with and without plastic mulching), densities (single and double row) and varieties (Manzano, Diamante, Gema and Tecozautla) were evaluated. In the second, the same environments and varieties were evaluated, plus four products (Procloraz, Boscalid+Pyraclostrobin, Benomilo and *Trichoderma* spp.). The evaluated variables were incidence, severity, yield and weight of fruit. *Fusarium oxysporum* was identified as causal agent of root rot. There was higher yield per plant and less severity with plastic mulching. The single row presented lower incidence and higher yield per plant. Gema presented lower incidence, but lower yield. *Trichoderma* spp. controlled *Fusarium* in both environments.

Keywords: incidence, severity, control

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos particulares	3
1.3 Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Generalidades del cultivo	5
2.1.1 Origen.....	5
2.1.2 Sinónimos taxonómicos.....	6
2.1.3 Nombres comunes	6
2.1.4 Importancia.....	6
2.1.5 Ciclo del cultivo	7
2.1.6 Descripción morfológica	8
2.1.7 Variedades empleadas en el experimento	8
2.2 Aspectos fitosanitarios.....	11
2.2.1 Plagas insectiles.....	11
2.2.2 Enfermedades virosas.....	11
2.2.3 Patógenos del suelo	12

2.2.4 El género <i>Fusarium</i>	13
2.2.5 <i>Fusarium oxysporum</i>	14
2.3 Productos evaluados	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1 Localización	23
3.2 Diseño de tratamientos	23
3.3 Diseño experimental	24
3.4 Establecimiento y conducción de los ensayos	25
3.5 Variables respuesta	26
3.5.1 Identificación del hongo (ciclo primavera - verano 2014).....	26
3.5.2 Variables y unidades	30
3.5.3 Escala.....	31
3.6 Análisis estadístico	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1 Identificación de la especie de <i>Fusarium</i>	34
4.2 Análisis de varianza.....	36
4.2.1 Ciclo primavera - verano 2014.....	36
4.2.2 Ciclo primavera - verano 2015.....	38
4.3 Comparación de medias	40

4.3.1 Ciclo primavera - verano 2014	40
4.3.2 Ciclo primavera - verano 2015	43
4.4 Análisis de interacciones	46
V. CONCLUSIONES.....	50
VI. LITERATURA CITADA	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escala decenal modificada para evaluar severidad de daños ocasionados por <i>Fusarium spp.</i> en tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.).....	32
Figura 2. Estructuras observadas: a) Clamidospora; b) Macroconidia; c) Microconidia.....	35
Figura 3. Rendimiento total por planta de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) en dos densidades de siembra y dos ambientes. Medias con la misma letra para cada ambiente son iguales (Tukey, 0.05).....	48
Figura 4. Rendimiento por planta en el segundo corte con cuatro variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) y dos ambientes. Medias con la misma letra para cada ambiente son iguales (Tukey, 0.05).....	49
Figura 5. Peso promedio de 10 frutos de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) en dos ambientes con la aplicación de cuatro productos y un testigo. Medias con la misma letra para cada producto son iguales (Tukey, 0.05).....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Secuenciación resultante de pruebas de PCR.....	36
Cuadro 2. Análisis de varianza de cuatro variables evaluadas en tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) en el ciclo primavera – verano 2014.....	37
Cuadro 3. Análisis de varianza de nueve variables evaluadas en tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) en el ciclo primavera – verano 2015.	39
Cuadro 4. Comparación de medias de cuatro variables evaluadas en tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) en el ciclo primavera-verano 2014.	41
Cuadro 5. Comparación de medias de nueve variables evaluadas en tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) en el ciclo primavera-verano 2015.	46

I. INTRODUCCIÓN

El género *Physalis* pertenece a la familia Solanaceae e incluye 100 especies conocidas entre plantas anuales y perennes; de éstas, tres son cultivadas como hortalizas: *Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm, *Physalis peruviana* L. y *Physalis pruinosa* L., y una como ornamental *Physalis alkekengi* L. (Legge, 1974; Quirós, 1984; Abak *et al.*, 1994).

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) se produce en casi todo México, parte de Estados Unidos y Centro América. El estado con mayor superficie cosechada y volumen de producción es Jalisco, seguido por Nayarit, Sinaloa, Estado de México, Puebla y Michoacán (SIAP, 2015).

Es un cultivo de gran importancia en México y representa una alternativa para los agricultores. En el año 2015 este cultivo ocupó el séptimo lugar en superficie sembrada con hortalizas. El rendimiento promedio nacional es de 14.682 t·ha⁻¹ (SIAP, 2015), el cual se considera bajo con relación al potencial productivo del cultivo, que se estima en 40 t·ha⁻¹ (Peña *et al.*, 2007).

A pesar de la importancia del cultivo de tomate de cáscara, su rendimiento es bajo en muchas regiones del país, debido probablemente a un manejo agronómico inadecuado (fertilización, variedades mejoradas y densidades), a condiciones ambientales adversas (temperatura, precipitación, suelo no apto para este cultivo) ó a problemas fitosanitarios, por lo que en México y en otros

países existe la tendencia hacia la búsqueda de nuevas opciones de producción (Peña *et al.*, 2007).

La incidencia e importancia de las enfermedades y plagas presentes en el área de cultivo varían de acuerdo a las condiciones climatológicas del lugar, de las cuales destacan la humedad y la temperatura como factores que pueden propiciar la aparición de hongos fitopatógenos habitantes del suelo. Entre estos fitopatógenos destaca el hongo *Fusarium spp.* Un gran número de especies han sido descritas dentro del género *Fusarium* por diversos autores, sin embargo 70 especies son consideradas por Leslie y Summerell (2006).

Montiel–González *et al.* (2005) consideran al género *Fusarium* como el más complejo de los que atacan las raíces de las plantas cultivadas, y uno de los más difíciles de clasificar. Las especies de *Fusarium* son saprofitas en algunas de sus fases de crecimiento y pueden o no desarrollar una fase de reproducción sexual según la especie (Finch y Finch, 1983; Alexopoulos y Mims, 2000). El género *Fusarium* presenta una distribución cosmopolita y es endémico de zonas maiceras de todo el mundo (Mendoza *et al.*, 2003).

Con base en lo anterior, la presente investigación se realizó con los objetivos e hipótesis que se enuncian a continuación:

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Estudiar los daños causados por *Fusarium spp.* en tomate de cáscara, y explorar alternativas de control.

1.2.2 Objetivos particulares

Evaluar el daño ocasionado por *Fusarium spp.* en tomate de cáscara, en dos ambientes de producción.

Evaluar el efecto de dos densidades de siembra sobre el daño causado por *Fusarium spp.* en tomate de cáscara.

Evaluar la susceptibilidad a *Fusarium spp.* de cuatro variedades de tomate de cáscara.

Evaluar el efecto de fungicidas (Procloraz , Boscalid + Pyraclostrobin , Benomilo) y *Trichoderma spp.* para el control de *Fusarium spp.* en tomate de cáscara.

1.3 Hipótesis

Las plantas establecidas bajo el sistema de acolchado tendrán un mayor rendimiento.

El daño por *Fusarium spp.* será mayor en la densidad más alta.

Las variedades estudiadas son igualmente susceptibles a *Fusarium spp.* pero difieren en su rendimiento.

Se obtendrá un control efectivo de *Fusarium spp.* con al menos un producto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo

2.1.1 Origen

Physalis (Solanaceae) es un género americano que se distribuye en Estados Unidos de América, México, Centroamérica, Sudamérica y las Antillas, con algunas especies presentes en el viejo mundo. El género agrupa cerca de 90 especies. Setenta de ellas son endémicas del territorio mexicano, considerado su centro de origen y diversidad (D'Arcy, 1991; Martínez, 1998).

Santiaguillo y Blas (2010) mencionan que se describieron dos variedades de tomate en relación con las numerosas plantas referidas por los Aztecas como tomatl. El tipo de fruto más grande conocido como izhoatomatl, corresponde al tomate de cáscara domesticado, que se encuentra en México y Guatemala. El tipo de fruto más pequeño fue descrito como miltomate, el tomate silvestre o fomentado de los campos de maíz, como se le conoce hoy en los estados del sureste de México y Guatemala.

2.1.2 Sinónimos taxonómicos

Existe gran controversia en la taxonomía de esta especie (Santiaguillo y Blas, 2010). Entre los nombres usados para la misma especie se encuentran los siguientes: *Physalis aequata* J. Jacq. ex. Nees, *Physalis cavaleriei* H. Lev., *Physalis chenopodifolia* Willd., *Physalis laevigata* M. Martens & Galeotti, *Physalis philadelphica* f. *pilosa* Waterf., *Physalis philadelphica* var. *minor* Dunal y *Physalis philadelphica* Lam. No obstante, el más común y reconocido por la UPOV es *Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm. (Peña et al., 2011)

2.1.3 Nombres comunes

Tomate de cáscara, tomatillo, hierba de la víbora, chicholpat (Tzeltal), Yashaltumat (tzeltal), chichol (Tzotzil), Ti-naná (Mixteco), miltomate, matapulgas, tepetomatl, tomate serrano, tomate de perro, guagtomate, tomate agosteo, tomate silvestre, tomate de hoja, tomate verde, tomate de burro, tomatito, tumate, tomate de oreja, tomate de bolsa (Santiaguillo y Blas, 2010).

2.1.4 Importancia

El tomate domesticado mexicano, tomate de cáscara, tomate verde o tomatillo, ha sido conocido por los botánicos por casi 400 años (Hudson, 1986) y su aprovechamiento se remonta a épocas prehispánicas. El género *Physalis* tiene una alta importancia cultural, económica y biológica en México. En su territorio

se localiza un elevado número de especies, así como poblaciones silvestres, fomentadas, toleradas, en cultivo y domesticadas, que en conjunto constituyen un acervo genético útil en el aprovechamiento y mejora genética del género (Peña y Santiaguillo, 1999). En la actualidad, el tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) es una de las principales hortalizas en México, y un cultivo que cada vez toma mayor relevancia en el país y en el extranjero (Santiaguillo *et al.*, 2009).

En la actualidad es el séptimo cultivo hortícola después del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), chile (*Capsicum annuum* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.), cebolla (*Allium cepa* L.), sandía (*Citrullus lanatus* [Thunb.] Matsum. & Nakai.) y pepino (*Cucumis sativus* L.). Es sembrado en 26 estados de la República Mexicana con una superficie total en 2013 de 44,522.36 ha, con un rendimiento medio de 14.682 t·ha⁻¹ (SIAP, 2015).

2.1.5 Ciclo del cultivo

La planta de tomate de cáscara generalmente tiene un ciclo de vida de 85 a 90 días desde la siembra a la senectud. El crecimiento se acelera de forma considerable a los 24 días y se estabiliza alrededor de los 56, cuando tiene una altura aproximada de 0.9 m. A los 70 días la planta empieza a envejecer rápidamente. La diferenciación de las primeras yemas florales se lleva a cabo entre los 17 y 20 días después de la siembra, y aparecen las primeras flores entre los 28 y 30 días. La planta continua floreando hasta su muerte.

Las flores por lo general abren antes de que las anteras tengan dehiscencia. Después de que éstas han liberado el polen, la corola, estambre, estilo y estigma permanecen alrededor de una semana para después caer. En forma inmediata el ovario y el cáliz comienzan a elongarse. Este último comienza a envolver el fruto joven, y se agranda a su máximo tamaño antes de que el fruto madure. La baya crece lentamente y pronto adquiere su forma característica. Algunos frutos pueden llenar por completo la bolsa que los cubre e inclusive la rompen (Saray y Loya, 1977).

2.1.6 Descripción morfológica

La característica más llamativa y común de las especies del género *Physalis* es el cáliz, que en la madurez envuelve completamente al fruto (Martínez, 1999).

Physalis ixocarpa es una planta de porte mediano (40 cm de altura), hojas pecioladas y con bordes dentados, flores amarillas acampanadas polinizadas por insectos y el viento. El fruto está cubierto por el cáliz, mide de 4 a 5,5 cm de diámetro y contiene 40 a 50 semillas por fruto (Peña y Márquez, 1990).

2.1.7 Variedades empleadas en el experimento

Manzano Tepetlixpa

Esta variedad de tomate verde presenta un peciolo largo, flores de diámetro medio, intensidad de pigmentación antociánica débil, el color del fruto en la etapa

de madurez es amarillento al igual que la pulpa, presenta una vida útil corta (Peña *et al.*, 2011).

Es un material de frutos dulces y de color amarillo que se distribuye principalmente en el Estado de México y Morelos (Cuautla). Es una variedad mejorada por selección. Su número de registro definitivo ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) es TOM-003-170908. Es una planta precoz, de porte erecto, con hojas elípticas de color verde y flores de tamaño medio; sus frutos son grandes, con tres lóculos, amarillos y de firmeza media, con cobertura del cáliz completamente cerrada y acostillada. Presenta semillas medianas de color amarillo pardo (Sánchez y Peña, 2015).

Diamante

La planta de esta variedad es de porte semi erecto, con una longitud de entrenudos y grosor del pedúnculo intermedia. Las hojas son medianas al igual que el pedúnculo, presentan una anchura media y son de color verde intenso. El fruto es de tamaño grande, tiene una relación largo-diámetro pequeña, la firmeza es mediana, y la densidad de la pulpa es media (Peña *et al.*, 2011).

Esta variedad se obtuvo a partir de un híbrido entre las variedades CHF1 Chapingo y Puebla SM3. Presenta una vida corta de anaquel con frutos de color verde, tamaño grande y precoz. Se adapta a las condiciones climáticas de la región Valles Altos. Es una variedad mejorada por selección. Su número de registro definitivo ante el SNICS es TOM-002-170908. Es una planta precoz de

porte semierecto con hojas elípticas de color verde y flores de tamaño medio; sus frutos son grandes con tres lóculos, verdes y de firmeza media con cobertura del cáliz completamente cerrada. Presenta semillas grandes de color amarillo pardo (Sánchez y Peña, 2015).

Gema

Esta variedad se obtuvo por selección y está en proceso de descripción para su registro ante el SNICS. Es de frutos muy grandes, verdes y tiene una larga vida de anaquel.¹

Tecoautla 04

Esta variedad tiene longitud de entrenudos larga, en el tallo presenta una intensidad de pigmentación antociánica en entrenudos débil, las hojas son anchas y fuertemente dentadas al margen. El peciolo es colgante. Los frutos son muy grandes y de longitud larga, el diámetro que presentan es ancho. Presentan un cáliz ligeramente abierto u pedúnculo grueso. El fruto tiene una vida útil intermedia (Peña *et al.*, 2011).

Presenta una pulpa de color verde, frutos muy grandes con semilla amarillo pardo y con vida de anaquel intermedia. Se distribuye principalmente en la región de Valles Altos, El Bajío y el Noroeste del país. Es una variedad mejorada por selección. Su número de registro definitivo ante el SNICS es TOM-010-170908. Es una planta de porte erecto con hojas elípticas de color verde y flores grandes;

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

sus frutos son muy grandes con tres lóculos, de color verde, fuerte adherencia del cáliz al fruto y cobertura abierta y acostillada (Sánchez y Peña, 2015).

2.2 Aspectos fitosanitarios

2.2.1 Plagas insectiles

Entre las plagas más importantes destaca *Bactericera cockerelli* (Sulc), misma que transmite un fitoplasma causante de la enfermedad permanente del tomate (Crespo *et al.*, 2012). También se puede encontrar al barrenador del tallo *Melanagromyza tomaterae* Steyskal (Diptera: Agromyzidae), el cual favorece la entrada de fitopatógenos de tipo fungoso (Palacios *et al.*, 2013). Finalmente, se puede encontrar a los *Thrips* (Thysanoptera: *Frankliniella occidentalis*) como vectores del virus de la marchitez manchada del tomate (Jiménez *et al.*, 2014).

2.2.2 Enfermedades virosas

El tomate verde es afectado por diversos virus, entre los que destaca la enfermedad conocida como moteado amarillo del tomate de cáscara que afecta plantas en parcelas comerciales en el Estado de México, Morelos, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo, en el centro de México. El agente causal ha sido identificado como un virus del tipo ARN, transmitido a una amplia gama de hospedantes en forma mecánica y por su insecto vector *Myzus persicae*. El agente causal de la enfermedad es una variante del virus mosaico de la alfalfa (Alfamovirus. AMV).

Los síntomas primarios incluyen un moteado y mosaico foliar de color amarillo intenso, que posteriormente derivan en deformación de hojas, clorosis, enanismo y marchitez de la planta (De la Torre *et al.*, 2003).

También existen geminivirus transmitidos por mosquita blanca como el *Pepper Golden Mosaic Virus* y *Pepper Huasteco Virus* (Torres *et al.*, 1996). Así como *Tomato Chlorosis Virus* (ToCV) transmitido por *Bemisia tabaci* (Trenado *et al.*, 2007), y *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) (Gámez *et al.*, 2006).

2.2.3 Patógenos del suelo

Las enfermedades de importancia económica del tomate en México son los tizones temprano y tardío (*Alternaria solani* y *Phytophthora infestans*, respectivamente), así como las pudriciones radiculares o ahogamiento (*Pythium spp.*, *Phytophthora spp.*, *Rhizoctonia spp.*, *Fusarium spp.*). Estas enfermedades causan daños del 50 – 100 %, ya que provocan la muerte de la planta y frutos de baja calidad (Leyva *et al.*, 2013).

Los principales hongos asociados al marchitamiento del tomatillo son *Fusarium oxysporum* (Wollenw.) Gerlach, *Fusarium solani* Schlecht., *Rhizoctonia solani* (Frank) Donk, *Pythium sp.*, *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid y *Sclerotium rolfsii* Curzi que dañan plantas solo en campo. Estos hongos están muy adaptados para vivir en el suelo, se presentan en cualquier etapa de desarrollo del cultivo, se diseminan en el agua de riego y algunos se transmiten por semilla.

Se ignora la frecuencia e impacto de la transmisión por semilla de los hongos asociados a secadera en los cultivos de tomatillo (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2008).

2.2.4 El género *Fusarium*

Los hongos de este género tienen una amplia distribución mundial y gran importancia desde el punto de vista agrícola y económico, su ocurrencia es cosmopolita y las diversas especies son comunes en el suelo, en el aire y en el agua. Muchas especies de este género tienen una gran capacidad de ocasionar enfermedades en distintos tipos de plantas cultivadas. Algunas especies pueden ocasionar infecciones oportunistas en el hombre y en los animales, incluso algunas producen toxinas que pueden afectar al hombre y a los animales. La identificación hasta el género *Fusarium* es relativamente fácil, pero hay una gran dificultad para llegar hasta su identificación a especie (Arbeláez, 2000).

Las enfermedades de las plantas causadas por especies del género *Fusarium* consisten en marchitamientos vasculares, manchas y añublos de las hojas, pudrición de raíces y de tallos, pudrición de frutos, granos y semillas (Nelson, 1990).

Fusarium spp. puede verse favorecido por condiciones climáticas excepcionales; particularmente humedad relativa alta (Gargouri-Kammoun *et al.*, 2009).

2.2.5 *Fusarium oxysporum*

Condiciones favorables

La temperatura óptima para el crecimiento y esporulación de *Fusarium oxysporum* es 30 °C, y puede ser saprófito entre los 10 y 30 °C. El pH óptimo de crecimiento es de 7.5 – 8.5. Crece mejor en condiciones de oscuridad continua. Las clamidosporas germinan y crecen sobre las raíces hasta lograr entrar directamente a las mismas o por heridas (Mai y Abawi, 1987).

Síntomas ocasionados

Los primeros síntomas de la enfermedad implican el amarillamiento del follaje, comenzando con la caída de las hojas. Las hojas infectadas posteriormente muestran un encrespamiento bajo, seguidamente se oscurecen y se secan. La parte superior de la planta se marchita durante el día, lo que empeora hasta que se marchita completamente, y se observa el oscurecimiento vascular en los tallos y los peciolo infectados de las hojas más grandes. Las plantas afectadas y sus sistemas de raíces se atrofian. El patógeno puede estar en el suelo como saprófito durante muchos años sin un hospedante (González *et al.*, 2012).

Fusarium oxysporum (Sheld) es causante de la enfermedad conocida como marchitez o secadera del tomate de cáscara. El síntoma característico de esta enfermedad es la necrosis de los haces vasculares, fácilmente apreciable en tallos infectados. En plantas adultas los síntomas son visibles entre la etapa de

floración y maduración del fruto. La pérdida de cosecha llega hasta 100 % en las áreas productoras (Gómez *et al.*, 2006).

Patrón de infección

Las especies de *Fusarium* causantes de marchitez siguen un patrón similar de infección; penetran por la raíz y colonizan en el sistema vascular de las plantas. La colonización se restringe (tanto en cultivares resistentes como susceptibles) a la región de entrada inicial del patógeno, debido a la oclusión de los vasos por geles, deposiciones de calosa y tilosas. Si el cultivar es susceptible, la colonización continua (distribución secundaria) cuando los geles y calosas son degradados por el efecto de enzimas pectolíticas del patógeno y el crecimiento de las tilosas es inhibido. En los cultivares resistentes, flavonoides del tipo de las catequinas y sus productos de oxidación inactivan las enzimas, y la distribución secundaria es confinada a los puntos de infección inicial (González *et al.*, 2012).

Crecimiento en medio de cultivo

Fusarium oxysporum es un hongo cosmopolita que existe en muchas formas patogénicas. Parasita más de 100 especies de plantas Gimnospermas y Angiospermas, ya que cuenta con diversos mecanismos para vencer las defensas de muchas especies de plantas. Este hongo se caracteriza por producir colonias de rápido crecimiento, con una tasa diaria cercana a un centímetro en medio papa-dextrosa agar (PDA) a 25 °C. La morfología que presentan las

colonias puede ser muy variable y evidenciar dos tipos: una de tipo micelial que se caracteriza por la producción de abundante micelio aéreo, algodonoso, con una coloración variable, de blanco a rosado durazno, pero usualmente con un tinte púrpura o violeto más intenso en la superficie del agar y pocas microconidias, y una de tipo pionotal con la formación de poco o ningún micelio aéreo y abundantes microconidias (Garcés *et al.*, 2001).

Estructura del hongo

El hongo produce tres clases de esporas:

Microconidias. Esporas generalmente unicelulares, hialinas, sin septas, elipsoidales a cilíndricas, rectas o curvadas, se forman sobre fiálides laterales, cortas, simples o sobre conidióforos poco ramificados. Las microconidias tienen 5 -12 μm de largo por 2.5 - 3.5 μm de ancho (Nelson, 1981).

Macroconidias. Esporas de paredes delgadas, fusiformes, largas, moderadamente curvadas en forma de hoz, con varias células y de 3 a 5 septas transversales, con la célula basal elongada y la célula apical atenuada, miden de 27 a 46 μm de largo por 3.0 a 4.5 μm de ancho (Nelson, 1981).

Clamidosporas. Son esporas formadas a partir de la condensación del contenido de las hifas y de las conidias, de paredes gruesas. Pueden formarse simples o en pares, terminales o intercalares. Tienen un tamaño de 5 a 15 μm de diámetro

(Nelson, 1981). Las clamidosporas permiten que el hongo pueda sobrevivir en condiciones desfavorables o como saprófito de vida libre cuando no encuentra plantas hospedantes (Garcés *et al.*, 2001).

En cuanto a las estructuras del hongo, las macroconidias se producen en esporodoquios que se encuentran sobre conidióforos ramificados, ya sea en la superficie de las plantas infectadas o en un medio de cultivo. Las microconidias son ovaladas y se originan sobre microconidióforos cortos en el micelio aéreo.

Estas estructuras sirven como fuente de diseminación del hongo dentro y fuera de las plantas. Por otro lado, las clamidosporas tienen una pared gruesa y oscura. Su producción es abundante en los tejidos infectados en estados avanzados de la enfermedad. Estas son consideradas estructuras de resistencia y permanecen en el suelo en estado de latencia por largos periodos de tiempo. Se diseminan con el movimiento del suelo, semillas o material infectado (Armstrong y Armstrong, 1975; Mace y Bell, 1981).

Formas especiales

Fusarium oxysporum presenta formas especiales que se subdividen en razas fisiológicas, con base en su especificidad patogénica sobre determinadas variedades de una misma especie de planta. Por esta razón, las pruebas de patogenicidad y las características de virulencia de los aislamientos del hongo son el principal criterio para diferenciar dichas formas especiales y sus razas fisiológicas (Bosland, 1988).

La selectividad patogénica de las formas especiales de *F. oxysporum* se debe a que solamente las plantas hospedantes y sus exudados radicales satisfacen los requerimientos nutricionales del hongo y, por lo tanto, éste solamente puede crecer y desarrollarse en ese tipo de plantas (Nelson, 1981).

Para lograr una identificación confiable se han utilizado diversos métodos como el análisis de polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción (RFLP), el análisis de grupos de compatibilidad vegetativa (VGC), el ADN polimórfico amplificado al azar (RAPD), el análisis de ioenzimas y el cariotipo electroforético (Hernández *et al.*, 1998).

Daños en humanos

Especies de *Fusarium* consideradas previamente solo como habitantes del suelo y contaminantes del laboratorio, emergen como patógenos de significancia en pacientes inmunosuprimidos. Hasta el año 2001 se han reportado 63 casos de infección por diferentes especies del género *Fusarium*. De igual manera se sugieren a *Fusarium oxysporum* como causante de infecciones de piel, meninges, sangre, cerebro, esófago, ano, recto y paladar duro (Rabodonirina *et al.*, 1994).

También se registran infecciones a humanos, específicamente en uñas y piel, ocasionadas por *F. oxysporum*. Sin embargo, como resultado de la manipulación

de este hongo no se presentaron casos de alergia en las personas que realizan trabajos de investigación en laboratorio y en el campo (Arbeláez, 2000).

Usos alternativos de *F. oxysporum*

A pesar de ser un hongo fitopatógeno, se ha planteado la posibilidad de utilizar algunas de sus formas especiales para el control de los cultivos catalogados como ilícitos; es decir, utilizarlo como microherbicida. Se han considerado posibilidades de aplicaciones de *Fusarium oxysporum* f. sp. *erythroxyli* para el control de cultivos de coca (*Erythroxylum coca*); *F. oxysporum* f. sp. *papaver* para el control de cultivos de amapola (*Papaver rhoeas* L.), y *F. oxysporum* f. sp. *cannabis* para el control de cultivos de marihuana (*Cannabis sativa*) (Arbeláez, 2000).

2.3 Productos evaluados

Sportak (Procloraz)

Imidazol con actividad fungicida preventiva, curativa y erradicante. No es propiamente un fungicida sistémico pero muestra cierta acción traslaminar. Actúa impidiendo la síntesis del ergosterol, componente esencial de la membrana celular, bloqueando la desmetilación en posición C14. Particularmente adecuado para controlar Ascomicetos y Deuteromicetos en muchos cultivos. Normalmente se formula como complejo de manganeso. Se degrada en el suelo a una serie de metabolitos principalmente volátiles. La degradación no depende el pH, pero sí

de la flora microbiana. Se adsorbe muy bien a los coloides del suelo y no se lixivia fácilmente, según el tipo de suelo. Su vida media en el campo es de cinco días en suelos arcillosos y de 37 días en los arenosos. El pH ácido le propicia estabilidad, la que también está en relación directa con el contenido de materia orgánica (De Liñán, 2012).

Ferrer-González *et al.* (2012) catalogan al Procloraz (Sportak) como un fungicida eficaz para el control de hongos fitopatógenos. Este además actúa como protector y erradicante. Su modo de acción es traslaminar y elimina los hongos por contacto, por lo que puede emplearse para el control de *Fusarium spp.* en el campo.

Benlate (Benomil)

Bencimidazol sistémico de absorción radical y foliar, traslocación principalmente acrópeta y actividad fungicida por contacto preventiva y curativa. Parece ser que el ingrediente activo se transforma en la célula del hongo en Metilbenzimidazol-2-il Carbamato (MBC) y posteriormente a mononucleótido activo. El MBC actúa interfiriendo la síntesis del ADN, la mitosis y el mecanismo de transmisión de mensajes genéticos del ADN al ARN. Secundariamente se le asigna cierta actividad acaricida-ovicida contra arador o negrilla de los cítricos (*Phyllocoptutra oleivora*), araña roja de la fresa (*Tetranychus urticae*) y araña roja europea (*Panonychus ulmi*) y otros Tetranychidae. Se degrada lentamente en el suelo. La vida media de los residuos que contienen bencimidazol es de tres a seis meses

en césped en situación vegetativa, y de unos seis a 12 meses en suelo desnudo. Se lixivia o se arrastra muy poco, incluso en condiciones extremas. En almacenamiento en gránulos dispersables en agua y polvo humectable se degrada a MBC. Se considera altamente persistente, su vida media es de hasta 12 meses (De Liñán, 2012).

Trichoderma spp. (T22)

Suspensión concentrada de *Trichoderma sp.* en cantidad de 1×10^{11} unidades formadoras de colonias por litro. Actúa como regulador y antagonista de hongos fitopatógenos, incidiendo en el control natural de enfermedades fungosas. Estimula el crecimiento y desarrollo del sistema radicular de las plantas (pelos y raíces absorbentes), lo que mejora la nutrición y absorción de agua. Transforma la materia orgánica en nutrientes solubles y humus, con lo que contribuye a la nutrición de la planta. Al ser asperjado al suelo, el hongo crece y coloniza rápidamente el sistema radicular de las plantas formando una capa protectora, atacando y parasitando a los hongos que dañan las raíces, de los que se alimenta y elimina. Aumenta la tolerancia hacia patógenos del suelo mediante la activación de los mecanismos de defensa de la planta por inducción de la producción de fitoalexinas. Produce metabolitos no volátiles y enzimas hidrolíticas con actividad antifúngica que reducen el crecimiento e inhiben el desarrollo de *Fusarium spp.* (De Liñán, 2012).

Cabrio (Boscalid+ Pyraclostrobin)

Anilida con actividad fungicida sistémica y traslaminar de efectos preventivos, inhibe la germinación de esporas, y curativos, impide el desarrollo del tubo germinativo y la formación de apresorios. En algunos hongos también tiene efectos sobre el crecimiento micelial y el desarrollo de las esporas. Aplicado sobre la superficie foliar, se absorbe y se mueve en dirección acrópeta hacia las puntas y los bordes de las hojas. El movimiento traslaminar es del haz al envés de la hoja. Inhibe la enzima succinato ubiquinona reductasa, conocida como complejo citocrómico II, en la cadena de transporte de electrones en la membrana mitocondrial. El complejo citocrómico II no sólo contribuye a la producción de energía sino que regula la formación de bloques para los aminoácidos y los lípidos. Por inhibición del complejo citocrómico II, impide el desarrollo del hongo privando a las células de su fuente de energía y elimina la formación de bloques para la síntesis de los componentes esenciales de las células. Por su modo de acción tan particular, es eficaz contra hongos resistentes a los inhibidores de los esteroides, dicarboximidas, benzimidazoles, anilinopirimidinas, fenilamidas y estrobirulinas. Sin embargo, si se usa repetida y exclusivamente puede hacer que las cepas menos sensibles desarrollen resistencias, por lo que deben seguirse las recomendaciones para evitar resistencias como la de utilizar otros fungicidas alternativos de diferentes modos de acción. Se degrada totalmente en el suelo. Su movilidad se considera baja (De Liñán, 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El experimento en su fase de campo (en ambos años) se realizó en el Lote X-3 del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, a una altitud de 2250 m.s.n.m. en las coordenadas geográficas 19° 29' 20.4" de latitud Norte y 98° 52' 26.7" longitud Oeste.

El clima predominante en Chapingo, México es Cb (Wo)(W)b(i'), definido como templado subhúmedo con lluvias en verano, con precipitación invernal menor al 5 %, con un poco de oscilación térmica y veranos frescos; régimen de precipitación media anual de 636 mm. La temperatura media anual se ubica entre 12 y 18 °C, con variación menor a 5 °C (García, 1988).

3.2 Diseño de tratamientos

Para el experimento en el ciclo primavera – verano 2014 se estudiaron tres factores: ambiente, densidad y variedad. Para el factor ambiente se manejaron dos niveles: acolchado (cubierta de polietileno bicapa negro plateado, de calibre 600) y sin acolchado. Se establecieron dos niveles para el factor densidad; hilera sencilla (162 plantas por unidad experimental, equivalente a 27,639 plantas/ha) e hilera doble (324 plantas por unidad experimental, equivalente a 55,278 plantas/ha). Los niveles del factor variedad fueron Manzano Tepetlixpa,

Diamante, Gema y Tecozautla 04. El diseño de tratamientos fue factorial completo, con dos ambientes, dos densidades y cuatro variedades.

Para el experimento en el ciclo primavera – verano 2015 se estudiaron tres factores: ambiente, variedad y producto. Para el factor ambiente se manejaron dos niveles: acolchado y sin acolchado. Los cuatro niveles del factor variedad fueron Manzano Tepetlixpa, Diamante, Gema y Tecozautla 04. Para el factor producto se empleó Sportak (Procloraz), Cabrio (Boscalid+ Pyraclostrobin), *Trichoderma spp.*, Benlate (Benomilo) y un Testigo (sin aplicación). El diseño de tratamientos fue factorial completo, con dos ambientes, cuatro variedades y cuatro productos más un testigo.

3.3 Diseño experimental

En ambos ciclos se estableció una serie de experimentos a través de los ambientes acolchado y sin acolchado. Cada experimento se planteó en parcelas divididas en bloques al azar.

En el ciclo primavera – verano 2014 la parcela grande correspondió a las densidades y la parcela chica a las variedades.

En el ciclo primavera – verano 2015 la parcela grande fueron las variedades y la parcela chica los productos.

3.4 Establecimiento y conducción de los ensayos

En el ciclo primavera – verano 2014 la siembra se realizó el 22 de febrero. Se utilizó sustrato comercial tipo peat-moss y charolas de poliestireno de 200 cavidades. Se depositaron de dos a tres semillas por cavidad. Posteriormente se realizó un aclareo, dejando una planta por cavidad. La planta se mantuvo en condiciones de invernadero por 37 días. Las plántulas se regaron cada tercer día con solución nutritiva de Steiner al 50 % (Steiner, 1984) por tres semanas y posteriormente los riegos fueron diarios con solución nutritiva de Steiner al 100 %. El terreno para ambos ambientes se preparó con un barbecho y un rastreo cruzado. Posteriormente se realizó el surcado a distancia de 1.5 m. Todas las actividades se llevaron a cabo de forma mecánica y con los implementos correspondientes a cada labor. En cada surco se colocó una cintilla de 16 mm de diámetro, gasto de $1.5 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$, y espacio entre goteros de 33 cm. Para el ambiente bajo acolchado se empleó una cubierta de polietileno bicapa negro/plateado de calibre 600 y 1.2 m de ancho, el cual se instaló de forma mecánica.

El trasplante se realizó por la mañana a los 37 días después de la siembra, a una distancia de 30 cm entre plantas. Se aplicó una fertilización de 100 N – 100 P_2O_5 – 50 K_2O con los productos comerciales Urea, Fosfato Diamónico y Cloruro de Potasio, respectivamente. Durante el desarrollo del cultivo se aplicaron 50 kg de Urea por hectárea cada semana en el riego. La nutrición se complementó con aplicaciones del fertilizante foliar líquido (Bayfolan Forte® + Adherente) para aportar elementos menores.

Las plagas fueron controladas con el producto Iguana® (Metomilo). La maleza se controló con escardas y en forma manual.

En el ciclo primavera – verano 2015 la siembra se realizó el 28 de febrero. El manejo del semillero fue el mismo que en el ciclo anterior, al igual que la preparación del terreno.

Se colocó una manguera por surco con goteros autocompensados y espaciados a 30 cm. Para el ambiente con acolchado se empleó la misma cubierta que en el ciclo 2014.

El trasplante se realizó por la mañana a los 47 días después de la siembra, a una distancia de 30 cm entre plantas. Las fertilizaciones y control de plagas, así como de malezas, se efectuaron de manera similar al ciclo anterior.

3.5 Variables respuesta

3.5.1 Identificación del hongo (ciclo primavera - verano 2014)

Para corroborar la presencia de *Fusarium* en el área de cultivo, se procedió a realizar los postulados de Koch:

1.- El patógeno se encontró consistentemente asociado con los síntomas típicos causados por *Fusarium* tales como achaparramiento, marchitez y amarillamiento en todas las plantas enfermas que se observaron.

2.- El hongo se aisló permitiendo su desarrollo en medio de PDA y después se purificó en el mismo medio de cultivo. El micelio obtenido tuvo una tonalidad de violácea a rojiza después de 10-15 días de crecimiento, mediante preparaciones en portaobjetos se observó la presencia de algunas clamidosporas y microconidias.

3.- Posteriormente se procedió a la inoculación del patógeno en plantas de tomate sanas de las mismas variedades utilizando una solución conidial de 10^6 conidios/mililitro, éstas plantas fueron sometidas a humedad relativa alta que permitió acortar el tiempo de expresión de síntomas, los cuales reprodujeron la enfermedad conocida como secadera.

4.- El patógeno se aisló una vez más en un cultivo puro, después de 13 días se obtuvo un micelio de color rojizo y se observaron las mismas estructuras que en el primer aislamiento.

Una vez confirmada la presencia del género *Fusarium*, se realizó una prueba de PCR mediante la Amplificación del Espacio Transcrito Interno del rADN (ITS) para conocer la especie.

Extracción de ADN

Del hongo purificado e incubado durante 15 días en medio de cultivo PDA, con ayuda de un asa bacteriológica, se transfirieron de 50 a 100 mg de micelio a un tubo de microcentrífuga de 1.5 mL. Se adicionaron 400 µL de Buffer AP1 y 4 µL de RNasa, se agitó en vortex, se incubaron las muestras en baño maría por 10 minutos a 65 °C, agitando por inversión 2 ó 3 veces. Posteriormente se adicionaron 130 µL de Buffer P3, se mezcló y se mantuvo 5 minutos en hielo. El lisado se centrifugó durante 5 minutos a 14 000 revoluciones por minuto (rpm), después el lisado se pipeteó en una columna QIAshredder spin, que previamente se había puesto en un tubo de 2mL, después se centrifugó por 2 minutos a 14,000 rpm. Se transfirió el sobrenadante a un nuevo tubo de 2 mL sin remover el pellet.

Se adicionaron 1.5 volúmenes del buffer AW1 y se mezcló por pipeteo. Se transfirieron 650µL de la mezcla en una columna DNeasy Mini spin depositado en un tubo de 2 m L. Se centrifugó por 1 minuto a 8 000 rpm y se descartó el sobrenadante, ese paso se repitió hasta dejar seca la columna. La columna spin se pasó a un tubo nuevo de 2 mL, agregando a ésta 500 µL de buffer AW2 y se centrifugó por 1 minuto a 8 000 rpm. Posteriormente se agregaron otros 500 µL del buffer AW2 y se centrifugó por 2 minutos a 14, 000 rpm con el propósito de lavar el DNA. La columna DNeasy spin se transfirió con cuidado a un tubo nuevo de 2 mL. Se añadieron 100 µL de buffer AE para la elución. La muestra se incubó por 5 minutos a temperatura ambiente, y se centrifugó durante 1 minuto a 8,000 rpm. La calidad del ADN fue verificada por electroforesis en agarosa al 0.7 % con

buffer de corrida TBE 0.5 X con el uso de 5µL del ADN, para realizar electroforesis a 90 volts. El gel se analizó en un transiluminador Gel-Doc mod 2000 (BIORAD).

Detección por PCR con ITS

Para la PCR se utilizaron los iniciadores ITS5 (5'-GGAAGT AAAAGTCGTAACAAGG-3') (White et al., 1990) y NL4 (5'-GGTCCGTGTTTCAAGACGG- 3') (O'Donnell, 1992). La mezcla de reacción se preparó a un volumen final de 25 µL, buffer de PCR 1x, 2.5mM MgCl₂, 0.2mM dNTP, 0.4 µM de cada primer, 1U ADN polimerasa Bio TecMol ® y 100ng de DNA. La PCR se llevó a cabo en un termociclador Techne 512® (USA), con una desnaturalización inicial de 94 °C por 2 minutos, 35 ciclos de 94 °C por 30 segundos, 55 °C por 30 segundos, 72 °C por 1 min; y una extensión final de 72 °C por 10 minutos. Los productos amplificados fueron verificados por electroforesis en agarosa al 0.7 % con buffer de corrida TBE 0.5 X usando 5µL del producto de PCR, para llevar a electroforesis a 90 volts. El gel se analizó en un transiluminador Gel-Doc mod 2000 (BIORAD).

Los fragmentos amplificados con los primers ITS5/NL4 fueron purificados mediante el protocolo de ADN clean & concentrator ^{TM-5}. En un tubo de microcentrífuga de 1.5 mL se agregó 5 volúmenes del buffer ADN Binding y se mezcló por inversión. La mezcla se transfirió en una columna Zymo-Spin en un tubo de colección de 2 mL. Se centrifugó durante 30 segundos a 8 000 rpm, y se descartó el sobrenadante. Se agregaron 200 µL de buffer ADN Wash dentro de

la columna y se centrifugó a 8 000 rpm durante 30 segundos. Se descartó el sobrenadante y se cambió a un tubo nuevo de 2 mL. Se agregaron 60 µL de buffer de ADN Elution directamente en la columna y se puso a incubar durante 1 minuto. Se transfirió la columna a un tubo nuevo de 1.5 mL y se diluyó el ADN.

Los fragmentos de ADN purificados se mandaron a secuenciar al Colegio de Posgraduados. Las secuencias obtenidas fueron comparadas con la base de datos en NCBI con el BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)

3.5.2 Variables y unidades

En el ciclo primavera – verano 2014 las variables evaluadas fueron: Incidencia (número total de plantas enfermas), la cual se realizó un día después del corte; rendimiento del corte (kg), peso de 10 frutos (kg), y rendimiento total por planta (kg), las cuales se evaluaron 85 días después del transplante (ddt).

En el ciclo primavera – verano 2015 las variables evaluadas fueron: Incidencia, Severidad (%) y Altura de planta (cm), las cuales fueron evaluadas a los 59 y 80 ddt. Las aplicaciones de productos de control se realizaron a los 35, 72 y 94 días después de siembra, a una dosis de 2 g·l⁻¹ o 2 ml·l⁻¹ de agua. El rendimiento por planta 1 (kg) y peso de 10 frutos 1 (kg) se evaluaron a los 63 días ddt. El rendimiento por planta 2 (kg) y peso de 10 frutos 2 (kg) se evaluaron a los 73 días ddt. Una vez conjuntados los datos se obtuvo el rendimiento total por planta (kg) y el peso promedio de 10 frutos (kg).

3.5.3 Escala

Se empleó una escala Decenal modificada, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Escala decenal modificada para evaluar severidad de daños ocasionados por *Fusarium* spp. en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.).

3.6 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA) con el uso del programa estadístico SAS versión 9.0 (SAS Institute Inc., USA).

Posteriormente se realizaron comparaciones de medias de Tukey ($p = 0.05$) para los factores y variables donde hubo significancia. Las interacciones significativas se graficaron y se hicieron comparaciones de medias de niveles de un factor para cada nivel del otro factor de la interacción.

Modelo lineal ciclo primavera – verano 2014

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + \beta_{(i)l} + B_j + \varepsilon_{il}^a + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}^b$$

Donde:

Y_{ijkl} = Respuesta obtenida en la l-ésima repetición del i-ésimo ambiente, para la j-ésima densidad y la k-ésima variedad.

μ = Efecto medio general

A_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor ambiente. $i = 1, 2$.

$B_{(i)l}$ = Efecto del l-ésimo bloque anidado en el i-ésimo ambiente. $l = 1, 2, 3, 4$.

B_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor densidad. $j = 1, 2$.

ε_{il}^a = Error a, aleatorio.

C_k = Efecto del k-ésimo nivel del factor variedad. $k = 1, 2, 3, 4$.

AB_{ij} = Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor ambiente y el j-ésimo nivel del factor densidad.

AC_{ik} = Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor ambiente y el k-ésimo nivel del factor variedad.

BC_{jk} = Efecto de la interacción entre el j-ésimo nivel del factor densidad y el k-ésimo nivel del factor variedad.

ABC_{ijk} = Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor ambiente, el j-ésimo nivel del factor densidad y el k-ésimo nivel del factor variedad.

ε_{ijkl}^b = Error b, aleatorio.

Modelo lineal ciclo primavera – verano 2015

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + \beta_{(i)l} + B_j + \varepsilon_{il}^a + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}^b$$

Donde:

Y_{ijkl} = Respuesta obtenida en la l-ésima repetición del i-ésimo ambiente, para la j-ésima variedad y el k-ésimo producto.

μ = Efecto medio general

A_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor ambiente. $i = 1, 2$.

$\beta_{(i)l}$ = Efecto del l-ésimo bloque anidado en el i-ésimo ambiente. $l = 1, 2, 3, 4$.

B_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor variedad. $j = 1, 2, 3, 4$.

ε_{il}^a = Error a, aleatorio.

C_k = Efecto del k-ésimo nivel del factor producto. $k = 1, 2, 3, 4, 5$.

AB_{ij} = Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor ambiente y el j-ésimo nivel del factor variedad.

AC_{ik} = Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor ambiente y el k-ésimo nivel del factor producto.

BC_{jk} = Efecto de la interacción entre el j-ésimo nivel del factor variedad y el k-ésimo nivel del factor producto.

ABC_{ijk} = Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor ambiente, el j-ésimo nivel del factor variedad y el k-ésimo nivel del factor producto.

ε_{ijkl}^b = Error b, aleatorio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Identificación de la especie de *Fusarium*

Se observaron las siguientes estructuras mediante una preparación en portaobjeto (Figura 2):

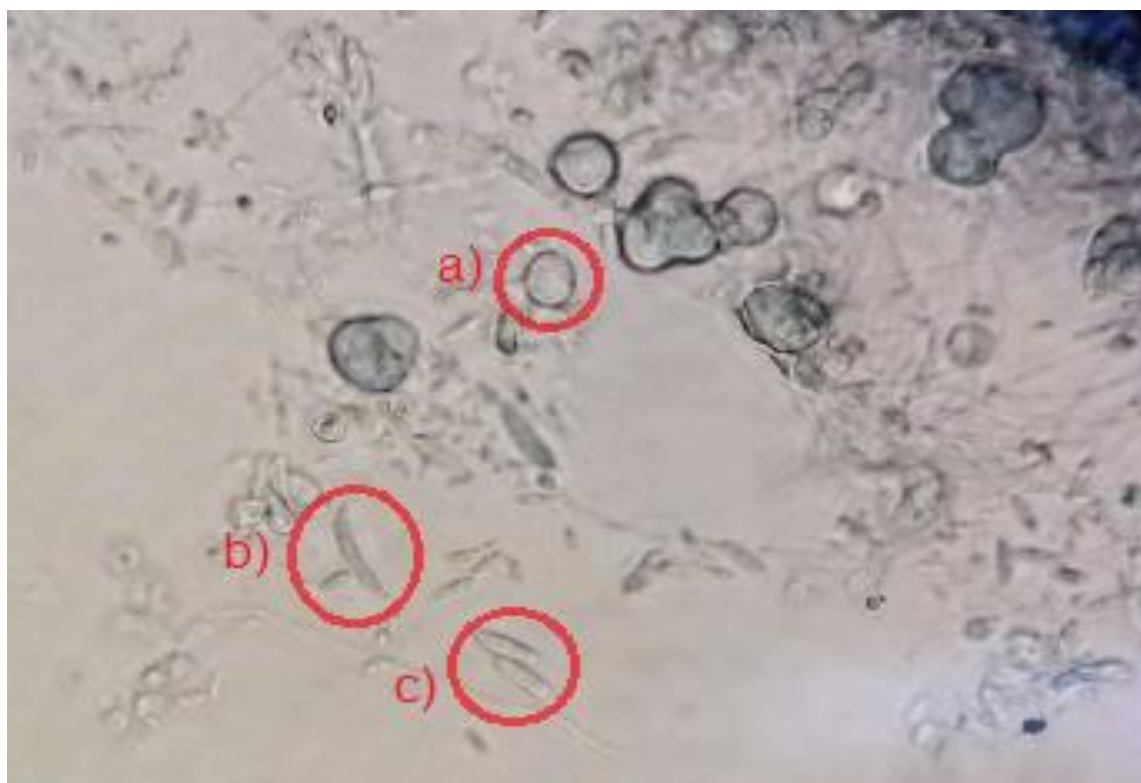


Figura 2. Estructuras observadas: a) Clamidospora; b) Macroconidia; c) Microconidia

Una vez realizada la prueba de PCR se obtuvo la secuencia que se presenta:

Cuadro 1. Secuenciación resultante de pruebas de PCR.

Número de muestra	Identificado como	Total de bases comparadas	Query coverage %	Máxima identidad %	Secuencia
YM-1	<i>Fusarium oxysporum</i> Amplificación del Espacio Transcrito Interno del rDNA (ITS) Primers utilizados: ITS5/NL4	1085	100	100	>YM-1 GTCTCCGTTGGTGAACCAGCGGAGGGATCATTACCGAGTTTACAACCTCCA AACCCCTGTGAACATACCACTTGTTCCTCGGCGGATCAGCCCGCTCCCGG TAAACGGGACGGCCCGCAGAGGACCCCTAAACTCTGTTTCTATATGTAA CTTCTGAGTAAACATAAATAAATCAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGT TCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCAAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCA GAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCGCCAGTATTC TGGCGGGCATGCCTGTTGAGCGTCATTTCAACCTCAAGCACAGCTTGGT GTTGGGACTCGCGTTAATTCGCGTTCCCAAATTGATTGGCGGTACGTCG AGCTTCCATAGCGTAGTAGTAAACCTCGTTACTGGTAATCGTCGCGGCC ACGCCGTTAAACCCCAACTTCTGAATGTTGACCTCGGATCAGGTAGGAATA CCCGCTGAACCTTAACAACAGGGATTGCCCTAGTAACGGCGAGTGAAGCGG CAACAGCTCAAATTTGAAATCTGGCTCTCGGGCCCGAGTTGTAATTTGTAGA GGATACTTTTGATGCGGTGCCCTCCGAGTTCCCTGGAACGGGACGCCATAG AGGGTGAGAGCCCCGTCTGGTTGGATGCCAAATCTCTGTAAAGTTCCTTCA ACGAGTCGAGTAGTTTGGGAATGCTGCTCTAAATGGGAGGTATATGTCTTCT AAAGCTAAATACCGGCCAGAGACCGATAGCGCACAAGTAGAGTGATCGAAA GATGAAAAGCACTTTGAAAAGAGAGTTAAAAGTACGTGAAATTGTTGAAAG GGAAGCGTTTATGACCAGACTTGGGCTTGGTTAATCATCTGGGGTCTCCC CAGTGCACTTTCCAGTCCAGGCCAGCATCAGTTTCCCGGGGGGATAAAG GCGGCGGGAATGTGGCTCTCTTCGGGGAGTGTTATAGCCCACCGTGTAATA CCCTGGGGGGGACTGAGGTTTCGCGCATCTGCAAGGATGCTGGCGTAATGG TCATCAACGA
YM-2	<i>Fusarium oxysporum</i> Amplificación del Espacio Transcrito Interno del rDNA (ITS) Primers utilizados: ITS5/NL4	1015	100	100	>YM-2 AACCCCTGTGAACATACCACTTGTTCCTCGGCGGATCAGCCCGCTCCCGG TAAACGGGACGGCCCGCAGAGGACCCCTAAACTCTGTTTCTATATGTAA CTTCTGAGTAAACATAAATAAATCAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGT TCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCAAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCA GAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCGCCAGTATTC TGGCGGGCATGCCTGTTGAGCGTCATTTCAACCTCAAGCACAGCTTGGT GTTGGGACTCGCGTTAATTCGCGTTCTCAAATTGATTGGCGGTACGTCG AGCTTCCATAGCGTAGTAGTAAACCTCGTTACTGGTAATCGTCGCGGCC ACGCCGTTAAACCCCAACTTCTGAATGTTGACCTCGGATCAGGTAGGAATA CCCGCTGAACCTTAAGCATATCAATAAGCGGAGGAAAAGAAACCAACAGGGA TTGCCCTAGTAACGGCGAGTGAAGCGGCAACAGCTCAAATTTGAAATCTGG CTCTCGGGCCCGAGTTGTAATTTGTAGAGGATACTTTGATGCGGTGCCCTTC CGAGTTCCCTGGAACGGGACGCCATAGAGGGTGAGAGCCCCGTCTGGTTG GATGCCAAATCTCTGTAAGTTCCTTCAACGAGTCGAGTAGTTTGGGAATGC TGCTCTAAATGGGAGGTATATGCTTCTAAAGCTAAATACCGGCCAGAGACC GATAGCGCACAAGTAGAGTGATCGAAAGATGAAAGCACTTTGAAAAGAGA GTTAAAAGTACGTGAAATTGTTGAAAGGGAAGCGTTTATGACCAGACTTGG GCTTGGTTAATCATCTGGGGTCTCCCCAGTGCACTTTTCCAGTCCAGGCC AGCATCAGTTTCCCGGGGGGATAAAGGGCGGCGGAATGTGGCTCTCTTC GGGGAGTGTTATAGCCCAACCGTGAATACCTGGGGGGGAC

YMT-1	<i>Fusarium oxysporum</i> translation elongation factor alpha gene, partial cds (TEF)	694	100	99	>YMT-1 TCGAGACCAAAATTTTGAATATGACCGTAATTTTTTGGTGGGGCATTAC CCCGCCCTCGGGTGCCGGGCGCGTTTGCCCTCTTACCATTCTCACAACT CAATGAGCGCATCGTCACGTGTCAAGCAGTCACTAACCATTCAACAATAGG AAGCCGCTGAGCTCGGTAAGGGTTCCTTCAAGTACGCCTGGGTTCTTGACA AGCTCAAGCCGAGCGTGAGCGTGGTATCACCATCGATATTGCTCTCTGGA AGTTCGAGACTCCTCGCTACTATGTACCCGTCATTGGTATGTTGTCGCTCAT GCTTCATTCTACTTCTTCTCGTACTAACACATCACTCAGACGCTCCCGGTCA CCGTGATTTTCATCAAGAACATGATCACTGGTACTTCCAGGCCGATTGCGC CATTCTCATCATTGCCGCCGTACTGGTGAGTTCGAGGCTGGTATCTCCAA GGATGGCCAGACCCGTGAGCACGCTCTTCTTGCTACACCTTGGTGTCAA GAACCTCATCGTCGCCATCAACAAGATGGACACCACCAAGTGGTCTGAGGC CCGTTACCAGGAGATCATCAAGGAGACCTCCTTTTCATCAAGAAGGTCGG CTACAACCCCAAGGCTGTCGCTTTCGTCCCATCTCCGGTTTCAACGGTGA CAACATGCTTACCCCTCCACCAACTG
YMT-2	<i>Fusarium oxysporum</i> translation elongation factor alpha gene, partial cds (TEF)	695	100	99	>YMT-2 CGAGAAGGTTAGTTACTTTCCCTTCGATCGCGCTCCTTTGCCCATCGATTT CCCCTACGACTCGAAACGTGCCCGCTACCCCTCTCGAGACCAAAATTTTG CAATATGACCGTAATTTTTTGGTGGGGCATTACCCCGCCCTCGGGTGCG CGGGCGCGTTTGCCCTCTTACCATTCTCAAACTCAATGAGCGCATCGTC ACGTGTCAAGCAGTCACTAACCATTCAACAATAGGAAGCCGCTGAGCTCGG TAAGGGTTCCTTCAAGTACGCCTGGGTTCTTGACAAGCTCAAGCCGAGCG TGAGCGTGGTATCACCATCGATATTGCTCTCTGGAAGTTCGAGACTCCTCG CTACTATGTCACCGTCATTGGTATGTTGTCGCTCATGCTTCATTCTACTTCTC TTCGTACTAACACATCACTCAGACGCTCCCGGTACCCGTGATTTTCATCAAGA ACATGATCACTGGTACTTCCAGGCCGATTGCGCCATTCTCATATTGCCG CCGGTACTGGTGAGTTCGAGGCTGGTATCTCCAAGGATGGCCAGACCCGT GAGCACGCTCTTCTTGCTACACCTTGGTGTCAAGAACCTCATCGTCGCC ATCAACAAGATGGACACCACCAAGTGGTCTGAGGCCGTTACCAGGAGATC ATCAAGGAGACCTCCTTTTCATCAAGAA

4.2 Análisis de varianza

4.2.1 Ciclo primavera - verano 2014

El análisis de varianza para tres factores de estudio (Cuadro 2) en el ciclo 1, indica que para el factor ambiente se tuvieron efectos altamente significativos para las variables RC1, P10F y RTP. Para el factor densidad se encontraron efectos altamente significativos en las variables de Incidencia y RTP. En lo que

respecta al factor variedad, se encontraron efectos significativos en Incidencia, RC1 y RTP, y efectos altamente significativos en P10F. La interacción ambiente x densidad fue altamente significativa para la variable RTP.

Cuadro 2. Análisis de varianza de cuatro variables evaluadas en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) en el ciclo primavera – verano 2014.

FV	GL	INCIDENCIA	RC1	P10F	RTP
A	1	3436.89	167976.00 **	2.588 **	4.1616 **
R(A)	3	1774.43 *	3874.23 *	0.149	0.0834 **
D	1	167383.27 **	2519.91	0.217	1.0764 **
Error a	3	40.31	311.86	0.076	0.0028
V	3	3213.18 *	2685.98 *	1.776 **	0.0543 *
A*D	1	19.14	19.37	0.015	0.4323 **
A*V	3	463.35	901.37	0.067	0.0170
D*V	3	284.56	293.52	0.017	0.0012
A*D*V	3	482.02	384.86	0.062	0.0063
Error b	39	938.61	549.39	0.032	0.0108
Total	63				
CV		19.20	24.33	11.34	22.02

*, **: Significativo a una $p \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente; F.V.: Factor de variación; A: Ambiente; D: Densidad; V: Variedad; GL: Grados de libertad; CV: Coeficiente de variación; INC: Incidencia; RC1: Rendimiento del corte 1; P10F: Peso de 10 frutos; RTP: Rendimiento total por planta.

4.2.2 Ciclo primavera - verano 2015

El análisis de varianza para tres factores de estudio (Cuadro 3), indica que en cuanto al factor ambiente se encontraron efectos altamente significativos para las variables Severidad, Altura, RP1, P10F1, RPP2, P10F2, RTP y PP10F.

Para el factor variedad se observan efectos significativos en Incidencia, Severidad y RPP2, así como altamente significativos en Altura, RPP1, P10F1, P10F2, RTP y PP10F.

Se obtuvo una interacción significativa entre los factores ambiente y variedad en RPP2, así como interacciones significativas ambiente x producto y ambiente x variedad x producto para la variable PP10F.

Cuadro 3. Análisis de varianza de nueve variables evaluadas en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) en el ciclo primavera – verano 2015.

FV	GL	INC	SEV	AP	RPP1	P10F1
A	1	1.23	9615.58 **	7769.88 **	7.5777 **	240405.03 **
R(A)	3	13.71	89.89	44.27	0.0241	64525.18
V	3	79.22 *	787.76 *	782.03 **	0.6470 **	724119.94 **
Error a	9	14.21	145.33	102.87	0.0639	26545.17
PR	4	8.23	56.24	11.18	0.0347	3562.01
A*V	3	1.58	86.52	42.23	0.0796	18613.84
A*PR	4	0.49	76.08	18.86	0.0291	23165.01
V*PR	12	2.06	41.32	24.47	0.0225	4262.03
A*V*PR	12	6.40	46.62	12.75	0.0351	23985.68
Error b	105	8.28	52.64	20.96	0.0313	14417.89
Total	159					
CV		23.98	19.75	9.76	24.85	17.48
		RPP2	P10F2	RTP	PP10F	
A	1	4.7197 **	385238.76 **	24.2736 **	308573.14 **	
R(A)	3	0.0044	9837.29	0.0297	25678.23	
V	3	0.4710 *	533183.62 **	0.1834 **	581207.38 **	
Error a	9	0.0912	25953.06	0.0252	17700.97	
PR	4	0.0158	6785.12	0.0777	4728.56	
A*V	3	0.1121 *	3589.94	0.0362	6052.49	
A*PR	4	0.0196	11050.73	0.0091	11092.50 *	
V*PR	12	0.0186	6737.71	0.0342	2641.41	
A*V*PR	12	0.0194	6106.76	0.0482	10168.93 *	
Error b	105	0.0376	7557.47	0.0412	4449.82	
Total	159					
CV		47.84	17.12	18.18	11.17	

*, **: Significativo a una $p \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente; F.V.: Factor de variación; A: Ambiente; V: Variedad; PR: Producto; GL: Grados de libertad; CV: Coeficiente de variación; INC: Incidencia; SEV: Severidad; AP: Altura de planta; RPP1 Rendimiento por planta 1; P10F1: Peso de 10 frutos 1; RPP2: Rendimiento por planta 2; P10F2: Peso de 10 frutos 2; (RTP): Rendimiento total por planta; (PP10F): Peso promedio de 10 frutos.

4.3 Comparación de medias

4.3.1 Ciclo primavera - verano 2014

En la comparación de medias (Cuadro 4) para el factor ambiente, se observa un comportamiento estadísticamente igual en la variable incidencia. Se obtuvieron mayor RC1, P10F y RTP en el ambiente de acolchado, lo cual concuerda con lo obtenido por Duimovic *et al.* (1988), quienes señalan que el empleo de acolchados de polietileno favorece la calidad de la producción de tomate. Contreras *et al.* (1991) indican en su trabajo de investigación con acolchados de polietileno, que éstos en general, indistintamente a su naturaleza, incrementan las temperaturas del suelo, y este efecto se traduce en mayor productividad y precocidad de los cultivos; lo cual se puede constatar con los aumentos en Rendimiento de corte 1, Peso de 10 frutos y Rendimiento total por planta obtenidos en este trabajo. Estos resultados evidencian las ventajas del empleo de acolchados, debido a que se puede lograr un uso eficiente del agua y los nutrientes por la planta, incrementar la temperatura del suelo y reducir la presencia de malezas y el ataque de patógenos (Csizirtszky *et al.*, 1995). De esta manera se logra que las plantas cuenten con condiciones ambientales más favorables para su crecimiento y desarrollo, así como reducir la competencia con malezas por nutrientes o factores benéficos como la luz solar, lo que propicia un aumento de la producción y frutos de mejor calidad y peso, lo cual concuerda con lo reportado por Castro *et al.* (2000) quienes aseguran que bajo sistema de acolchado se proporcionan mejores condiciones de desarrollo para las plantas.

Cuadro 4. Comparación de medias de cuatro variables evaluadas en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) en el ciclo primavera-verano 2014.

	Incidencia	RC1	P10F	RTP
Acolchado	166.9 a ²	147.57 a	1.78 a	0.726 a
Sin acolchado	152.2 a	45.11 b	1.38 b	0.216 b
DMSH	15.5	11.85	0.09	0.053
Hilera sencilla	108.4 b	90.06 a	1.64 a	0.601 a
Hilera doble	210.7 a	102.61 a	1.52 a	0.342 b
DMSH	9.4	26.01	0.41	0.077
Manzano Tepetlixpa	161.8 ab	90.56 ab	1.34 c	0.445 ab
Diamante	171.7 a	110.03 a	1.27 c	0.530 a
Gema	139.2 b	81.17 b	1.75 b	0.403 b
Tecoautla 04	165.5 ab	103.59 a	1.97 a	0.508 a
DMSH	29.1	22.24	0.17	0.098

²Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales (Tukey, 0.05); RC1: Rendimiento en Corte 1 (Kg); P10F: Peso de 10 Frutos (Kg); RTP: Rendimiento Total por Planta (Kg); DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

En cuanto al factor densidad, la menor incidencia se obtuvo con la hilera sencilla.

Esto puede explicarse debido a que *Fusarium oxysporum* es un hongo que se presenta principalmente como saprófito y que requiere de una temperatura óptima de 30 °C para su crecimiento y esporulación, así como las mayores condiciones posibles de oscuridad continua (Olutiola, 1978). Sin embargo, al tener solamente una hilera de plantas no se generó la temperatura necesaria ni el sombreado óptimo para su esporulación y posterior propagación. Es decir, en hilera sencilla no se genera el microclima óptimo para que *Fusarium oxysporum* sea un hongo fitopatógeno, lo cual sí ocurre en hilera doble.

Bajo condiciones de hilera doble, además de generar el microclima óptimo para la generación de clamidosporas, las plantas de tomate verde presentaron un aumento en heridas mecánicas debidas a algunas labores de cultivo como deshierbe, lo cual favorece la propagación del hongo en cuestión, ya que este

puede entrar directamente en las raíces o por heridas en la planta (Mai y Abawi, 1987). Se observó un comportamiento estadísticamente igual en las variables RC1 y P10F. El RTP fue mayor bajo la hilera sencilla, aunque el rendimiento por unidad de superficie (RC1) es igual en ambas densidades de población.

Respecto al factor variedad, se obtuvo menor Incidencia con Gema, aunque no fue estadísticamente distinta a Manzano Tepetlixpa y Tecozautla 04. La variedad Diamante obtuvo mayores niveles de Incidencia, por lo que se le considera la más susceptible.

Las variedades con mayor Rendimiento en Corte 1 fueron Diamante y Tecozautla 04, que superaron únicamente a la variedad Gema. Sánchez y Peña (2015) mencionan que Tecozautla 04 presenta una pulpa de color verde, frutos muy grandes con semilla amarillo pardo y con vida de anaquel intermedia, mientras que la variedad Diamante presenta una vida corta de anaquel con frutos de color verde, tamaño grande y precoz. Esto explica por qué sus rendimientos fueron mayores a las demás variedades. El mayor P10F se obtuvo con Tecozautla 04, ya que es una variedad con frutos muy grandes, y las variedades Manzano Tepetlixpa y Diamante presentaron menor peso. En cuanto al Rendimiento Total por Planta, las variedades Diamante y Tecozautla 04 presentaron resultados superiores, aunque no son estadísticamente distintas a Manzano Tepetlixpa.

4.3.2 Ciclo primavera - verano 2015

La comparación de medias (Cuadro 5) indica que en el factor ambiente no hay diferencias entre uno y otro para la variable incidencia. La severidad se ve disminuida con acolchado. En todas las demás variables se observa una respuesta positiva al empleo de acolchado. Esto concuerda con lo mencionado por Ham *et al.* (1993), quienes indican que el uso de acolchados aumenta la producción y la calidad en los cultivos hortícolas, ya que tienen influencia sobre la temperatura del suelo, aumentándola o conservándola según las propiedades ópticas de la cubierta. Soldevilla *et al.* (2002) reportaron mayor número de frutos y mayor peso en un trabajo de investigación con tomate de cáscara bajo acolchado plástico, lo cual es acorde a lo obtenido en el presente trabajo. Esto puede explicarse por los beneficios de aplicar este sistema, ya que al aumentar la temperatura y conservar la humedad del suelo se promueve la exploración de las raíces en búsqueda de nutrientes, y se disminuye notablemente la presencia de malezas que compitan por nutrientes y factores ambientales con las plantas cultivadas. La severidad se puede ver disminuida debido a que la planta cuenta con los nutrientes necesarios que le permiten reaccionar ante el ataque de fitopatógenos.

Cuadro 5. Comparación de medias de nueve variables evaluadas en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) en el ciclo primavera-verano 2015.

	Incidencia	Severidad	AP	RPP1	P10F1
Acolchado	11.91 a ²	28.99 b	53.89 a	0.929 a	725.63 a
Sin acolchado	12.09 a	44.49 a	39.96 b	0.494 b	648.10 b
DMSH	0.90	2.27	1.44	0.055	37.65
Manzano Tepetlixpa	13.80 a	42.40 a	47.71 ab	0.886 a	674.10 ab
Diamante	12.38 ab	37.39 ab	41.83 b	0.709 ab	501.43 b
Gema	10.60 b	31.76 b	52.46 a	0.586 b	778.30 a
Tecoautla 04	11.23 ab	35.42 ab	45.71 ab	0.664 ab	793.63 a
DMSH	2.63	10.32	10.29	0.296	216.78
Procloraz	12.06 a	37.33 a	46.77 a	0.713 a	683.94 a
Boscalid + Pyraclostrobin	12.13 a	35.31 a	46.92 a	0.754 a	678.69 a
Trichodermaspp	12.53 a	36.83 a	47.60 a	0.712 a	695.53 a
Benomilo	11.16 a	35.65 a	46.04 a	0.661 a	700.16 a
Testigo	12.13 a	38.59 a	47.29 a	0.717 a	676.00 a
DMSH	2.00	5.03	3.18	0.123	83.32
	RPP2	P10F2	RTP	PP10F	
Acolchado	0.577 a	556.93 a	1.506 a	641.28 a	
Sin acolchado	0.234 b	458.79 b	0.727 b	553.44 b	
DMSH	0.061	27.26	0.064	20.91	
Manzano Tepetlixpa	0.270 a	411.18 a	1.156 a	542.64 ab	
Diamante	0.377 a	404.83 a	1.086 a	453.13 b	
Gema	0.451 a	614.18 a	1.037 a	696.24 a	
Tecoautla 04	0.524 a	601.25 a	1.187 a	697.44 a	
DMSH	0.450	265.29	0.286	261.17	
Procloraz	0.406 a	513.28 a	1.118 a	598.61 a	
Boscalid + Pyraclostrobin	0.438 a	489.00 a	1.191 a	583.84 a	
Trichodermaspp	0.377 a	522.19 a	1.090 a	608.86 a	
Benomilo	0.398 a	518.75 a	1.058 a	609.45 a	
Testigo	0.408 a	496.06 a	1.124 a	586.03 a	
DMSH	0.135	60.33	0.141	46.29	

²Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales (Tukey, 0.05); AP: Altura de planta (cm); RPP1: Rendimiento por Planta 1 (Kg); P10F1: Peso de 10 Frutos 1 (g); RPP2: Rendimiento por Planta 2 (Kg); P10F: Peso de 10 Frutos 2 (g); RTP: Rendimiento Total por Planta (Kg); PP10F: Peso Promedio de 10 Frutos (g); DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

En el factor variedad, Gema presentó una menor incidencia y severidad, aunque no es estadísticamente distinta a las variedades Diamante y Tecozautla 04. Los valores más altos en ambas variables se obtuvieron con la variedad Manzano Tepetlixpa. La variedad Gema tuvo las plantas más altas, superando únicamente a la variedad Diamante. Respecto al RPP1, la variedad Manzano Tepetlixpa reportó valores más altos a pesar de no ser estadísticamente distinta a las variedades Diamante y Tecozautla 04. Esto concuerda con lo reportado por Sánchez y Peña (2015), quienes catalogan a la variedad Manzano Tepetlixpa como precoz. De igual manera, Soldevilla *et al.* (2002) reportan precocidad mayor en el cultivo del tomate verde al producir bajo acolchado. Por otro lado, las variedades Gema y Tecozautla 04 tuvieron un mayor P10F1, aunque no son estadísticamente distintas a la variedad Manzano Tepetlixpa. La variedad Diamante tuvo un P10F1 menor. Cabe señalar que Sánchez y Peña (2015) describen los frutos de las variedades Gema y Tecozautla 04 como de un tamaño muy grande y a los de la variedad Diamante únicamente como grandes.

Las variedades Manzano Tepetlixpa, Gema y Tecozautla 04 tuvieron mayor PP10F al contar con frutos muy grandes, y ser una variedad precoz en el caso de Manzano. Las cuatro variedades fueron estadísticamente iguales en RPP2, P10F2 y RTP.

En cuanto al factor producto, se obtuvieron valores estadísticamente iguales para todas las variables.

4.4 Análisis de interacciones

Como se observa en la Figura 3, bajo el sistema de acolchado se obtuvo casi el doble de rendimiento total por planta con la hilera sencilla. Es decir, es estadísticamente mayor que con la hilera doble. Esto concuerda con lo reportado por Peña *et al.* (2014), quienes mencionan que el mejor sistema de producción a campo abierto para tomate de cáscara es con riego por goteo y acolchado. Esto se debe a las ventajas proporcionadas por el uso de cubiertas, entre las que destaca la supresión de emergencia de malezas que compitan por recursos, y un uso eficiente del agua (Csizirtszky *et al.*, 1995).

Bajo el sistema de sin acolchado el rendimiento total por planta con la hilera sencilla fue significativamente más alto que con la hilera doble. Finalmente, tanto con acolchado como sin acolchado, se observa que a pesar de tener la mitad de número de plantas, el rendimiento total por planta en la hilera sencilla es superior al de la hilera doble, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el trabajo de Ponce *et al.* (2012), quienes encontraron diferencias significativas en la evaluación de variables de tres densidades en el mismo cultivo. También señalan que la densidad más alta no proporciona siempre valores más elevados de rendimiento o características deseables en las plantas. Lo anterior puede deberse a la competencia por recursos a la que son sometidas las plantas, lo cual provoca su estrés y disminución en aprovechamiento de recursos para su desarrollo.

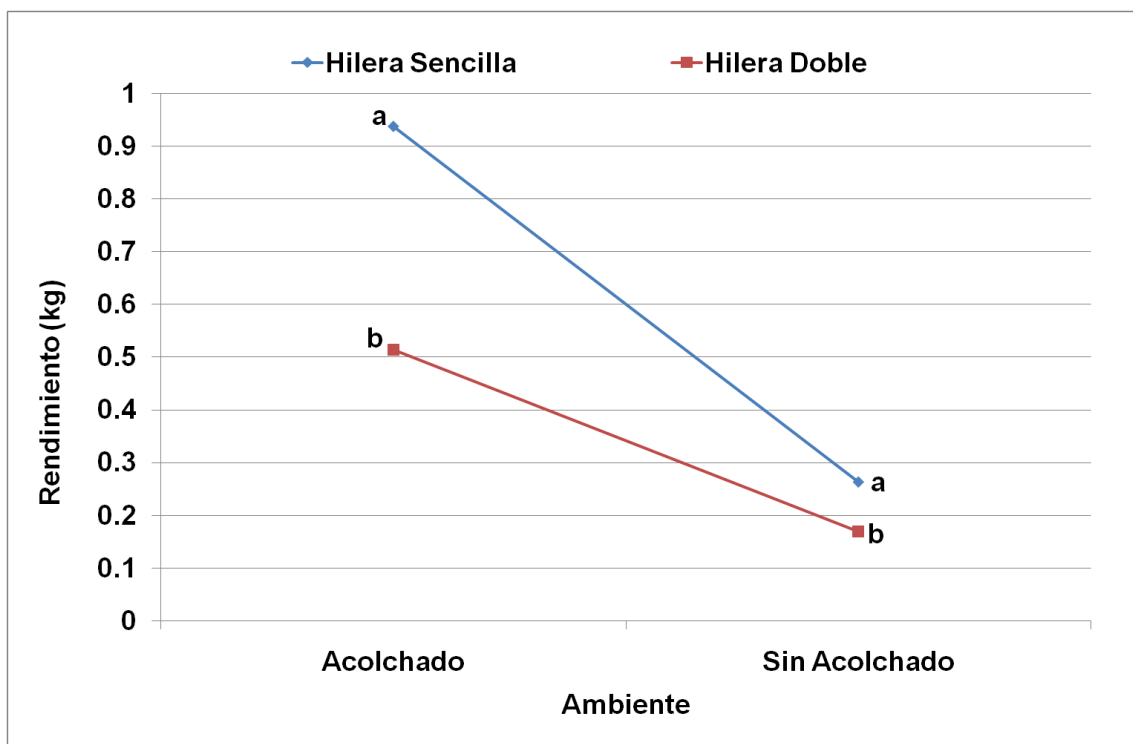


Figura 3. Rendimiento total por planta (Kg) de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) en dos densidades de siembra y dos ambientes. Medias con la misma letra para cada ambiente son iguales (Tukey, 0.05).

Como se observa en la Figura 4, los rendimientos por planta en el segundo corte bajo el sistema sin acolchado muestran el mismo comportamiento en las cuatro variedades. Aunque las variedades Gema y Tecozautla 04 tienen madurez intermedia-tardía, no alcanzaron a superar el rendimiento de las variedades precoces, lo cual denota las ventajas de utilizar cubiertas de polietileno, pues bajo acolchado el comportamiento de las variedades fue diferente.

Sánchez y Peña (2015) señalan que las variedades Gema y Tecozautla 04 presentan frutos de tamaño muy grande y son de madurez intermedia-tardía, lo cual explica que bajo el sistema de acolchado sean estas variedades las que tienen un mayor rendimiento para el momento del segundo corte.

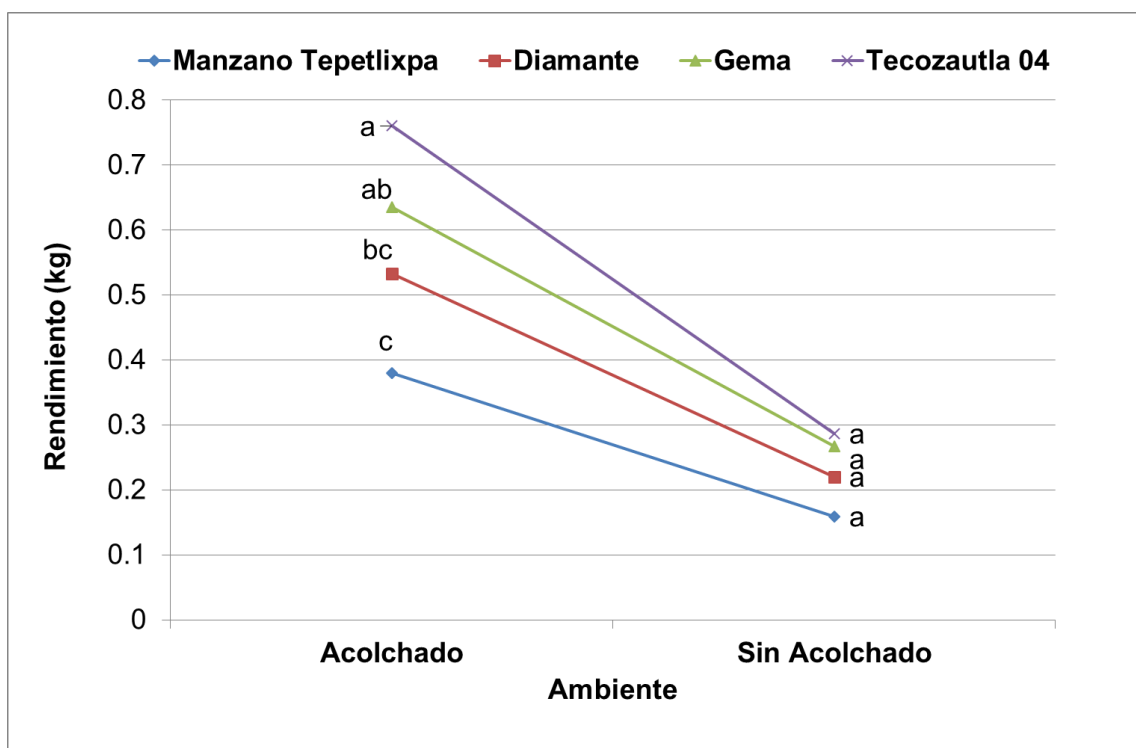


Figura 4. Rendimiento por planta (Kg) en el segundo corte con cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) y dos ambientes. Medias con la misma letra para cada ambiente son iguales (Tukey, 0.05).

Las variedades Manzano Tepetlixpa y Diamante presentan frutos de tamaño grande y su madurez es precoz (Sánchez y Peña, 2015), por lo que en el segundo corte su rendimiento decae significativamente en relación a la variedad Tecozautla 04 en acolchado.

En la Figura 5 se observa que con el uso de los productos químicos evaluados el PP10F es mayor en el acolchado, mientras que con el uso del producto orgánico *Trichoderma spp.* esta variable muestra el mismo comportamiento con acolchado y sin acolchado. El género *Trichoderma* presenta una acción micoparasítica, compite directamente por espacio y nutrientes, y tiene otros efectos secundarios generados por la producción de metabolitos antibióticos. Además, puede crecer

rápidamente en una gran variedad de sustratos, no ataca a plantas superiores y en ocasiones tiene efectos biofertilizantes (Cubillos-Hinojosa *et al.*, 2011), por lo que se recomienda estudiar con mayor detalle el efecto antagónico de este hongo contra *Fusarium oxysporum* en tomate de cáscara.

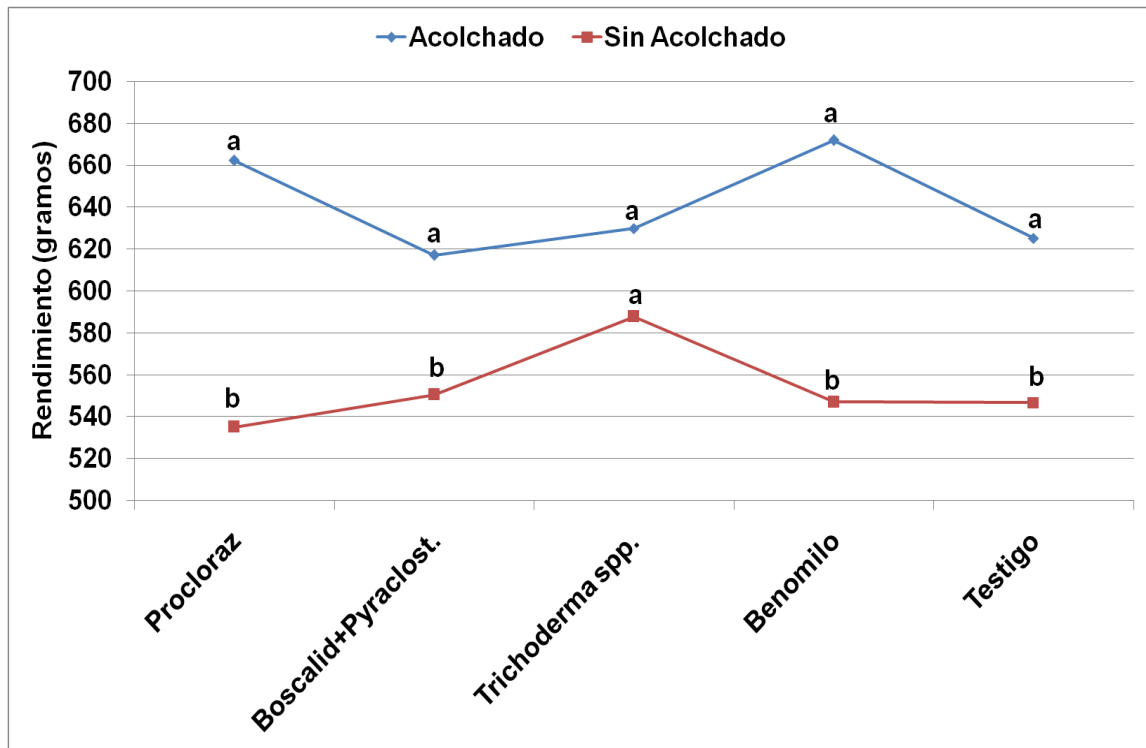


Figura 5. Peso promedio de 10 frutos (g) de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) en dos ambientes con la aplicación de cuatro productos y un testigo. Medias con la misma letra para cada producto son iguales (Tukey, 0.05).

V. CONCLUSIONES

Fusarium oxysporum se presenta en ambos ambientes de producción, pero los daños son menores en el sistema de acolchado, donde el rendimiento fue mayor.

En la densidad de hilera sencilla se tuvo menor incidencia de *Fusarium oxysporum* y el rendimiento por planta se vio favorecido, aunque con la hilera doble se obtuvo mayor rendimiento por unidad de superficie.

La variedad Gema presentó menor incidencia de *Fusarium oxysporum* y rendimiento en ambos ciclos.

Todos los productos químicos presentaron mejor control bajo el sistema de acolchado, a diferencia de *Trichoderma spp.* que controló *Fusarium oxysporum* de igual manera en ambos ambientes.

VI. LITERATURA CITADA

- Abak, K; Guller, H.Y; Sari, N; Paksoy, M. 1994. Earliness and yield of *Physalis* (*P. ixocarpa* Brot. and *P. peruviana* L.) in greenhouse, low tunnel and open field. *Acta Hort.* 366: 301-306.
- Alexopoulos, C.J.; Mims, W.C. 2000. Introducción a la Micología. Omega. Barcelona España. 240 p.
- Apodaca-Sánchez, M. A.; Barreras-Soto, M. A.; Cortez-Mondaca, E.; Quintero-Benítez, J. A. 2008. Enfermedades del Tomate de Cáscara en Sinaloa. Folleto técnico No. 31. Campo Experimental Valle del Fuerte. CIRNO-INIFAP. Los Mochis, Sinaloa, México. 32 p.
- Arbeláez, G. 2000. Algunos aspectos de los hongos del género *Fusarium* y de la especie *Fusarium oxysporum*. *Agronomía Colombiana* 17: 11-22.
- Armstrong, G.; Armstrong, J. 1975. Reflections on the wilt *Fusarium*. *Ann. Rev. Phytopathology* 13: 95-103.
- Bosland, P. W. 1988. *Fusarium oxysporum* a pathogen of many plant species. *Advances in Plant Pathology* 6: 281-289.
- Castro B., R.; Sánchez-García, P.; Peña-Lomelí, A.; Alcántar-González, G.; Baca-Castillo, G. A.; López-Romero, R. M. 2000. Nitratos en el extracto celular de pecíolos y tallo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) y su relación con el rendimiento en Chapingo, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6(1): 33-38.

- Contreras, A.; Acevedo, P.; Pastor, R.; Eyzaguirre, C. 1991. Variaciones térmicas del suelo cubierto por acolchado (Mulch) de polietileno. *Agricultura Técnica (Chile)* 52(4): 456-461.
- Crespo-Herrera, L. A.; Vera-Graziano, J.; Bravo-Mojica, H.; López-Collado, J.; Reyna-Robles, R.; Peña-Lomelí, A.; Manuel-Pinto, V.; Garza-García, R. 2012. Spatial distribution of *Bactericera cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) on green tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Agrociencia* 46(3): 289-298.
- Csizirtszky, A.A.; Schuster, D.J.; Kring, J.B. 1995. Color mulches influence yield and insect pest populations in tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120: 778-784.
- Cubillos-Hinojosa, J. G.; Páez-Redondo, A.; Mejía-Doria, L. 2011. Evaluación de la capacidad biocontroladora de *Trichoderma harzianum* Rifai contra *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. asociado al complejo "Secadera" en maracuyá, bajo condiciones de invernadero. *Revista Facultad Nacional de Agronomía de Medellín* 64(1): 5821-5830.
- D'Arcy, W.G. 1991. The Solanaceae since 1976, with Review of its Biogeography. In: J. G. Hawkes, R. N. Lester, M. Nee y N. Estrada (Eds.) *Solanaceae III: Taxonomy, Chemistry and Evolution*. Royal Botanical Garden, Kew. Gran Bretaña. Pp. 75-77.
- De la Torre-Almaráz, R.; Salazar-Segura, M.; Valverde, R. 2003. Etiología del moteado amarillo del tomate de cáscara. *Agrociencia* 37(3): 277-289.
- De Liñán, C. 2012. *Agroquímicos de México*. Editorial TecnoAgrícola de México. Cuarta Edición. Madrid, España. 769 p.

- Duimovic, A.; Sánchez, O.; Peñaloza, P. 1988. Efecto del túnel y/o acolchado de polietileno en el cultivo de tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill) cv. 67-18 vf sobre precocidad, rendimiento y calidad, en comparación con el sistema ecoliguado para primor. Simiente 58(1): 23.
- Ferrer-González, J.; Cabrera-Cabrera, R.I.; Mokarzel-Falcón, L.; Herrera-Batista, N. 2012. Evaluación *in vitro* del efecto de fungicidas químicos sobre los hongos fitopatógenos *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl., *Fomitiporia maxonii* Murrill. Y *Fusarium* sp. Link. aislados de plantas de cítricos. CitriFrut 29(2): 8-11.
- Finch, H.C.; Finch, A.N. 1983. Los Hongos Comunes que Atacan Cultivos en América Latina. Trillas. México. 58 p.
- Gámez-Jiménez, C.; Romero-Romero, J. L.; Santos-Cervantes, M.E.; Leyva-López, N.E.; Méndez-Lozano, J. 2006. Tomatillo (*Physalis ixocarpa*) as a natural new host for tomato yellow leaf curl virus in Sinaloa, México. The American Phytopathology Society 96: 38-40.
- Garcés G., E.; Orozco A., M.; Bautista, G.; Valencia, H. 2001. *Fusarium oxysporum* el hongo que nos falta conocer. Acta Biológica Colombiana 6(1): 7-25.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlo a la República Mexicana). 4ª Edición. Universidad Autónoma de México. México, D. F. 130 p.
- Gargouri-Kammoun, L.; Gargouri, S.; Rezgui, S.; Trifi, M.; Bahri, N.; Hajlaoui, M.R. 2009. Patogénie et agressivité de *Fusarium* et *Microdochium* sur des

- plantules de blé sous des conditions contrôlées. *Tunisian Journal of Plant Protection* 4: 135-144.
- Gómez C., R.; Rodríguez M., M. N.; Cárdenas S., E.; Sandoval V., M.; Colinas L., M. T. 2006. Fertilización foliar con silicio como alternativa contra la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* (Sheld) en tomate de cáscara. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(1): 69-75.
- González, I.; Arias, Y.; Peteira, B. 2012. Aspectos generales de la interacción *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*-Tomate. *Revista Protección Vegetal* 27(1): 1-7.
- Ham, J.G.; Kluitenberg G. J.; Lamont, W. J. 1993. Optical properties of plastic mulches affect the yield temperature regime. *J. American Society Horticulture Science* 118: 188-193.
- Hernández, J.; Arbeláez, G.; Junca, H.; Posada, M.; Del Portillo, P. 1998. Identificación de marcadores genéticos del agente causal del marchitamiento del clavel *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* mediante aplicación arbitraria de fragmentos polimórficos de ADN. *Revista Colombiana de Biotecnología* 1: 51-57.
- Hudson, D. W. 1986. Relationships of Domesticated and Wild *Physalis philadelphica*. In: *Solanaceae Biology and Systematics*. D'Arcy W. G. (eds.). Columbia University Press. New York, U. S. A. pp. 416-432.
- Jiménez Carrillo, R. A.; Ramírez Dávila, J.F.; Sánchez Pale, J.R.; Salgado Siclán, M. L.; Laguna Cerda, A. 2014. Modelización espacial de huevos de thrips (Thysanoptera: *Frankliniella occidentalis*) en tomate de cáscara por medio de

- técnicas geoestadísticas. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, 46(1): 29-44.
- Legge, AP. 1974. Notes on the history cultivation and uses of *Physalis peruviana* L. J. Royal Hort. Soc. 99(7): 310-314.
- Leslie, J.; Summerell, B. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing. Iowa, USA. 388 p.
- Leyva-Mir, S. G.; González-Solano, C. M.; Rodríguez-Pérez, J. E.; Montalvo-Hernández, D. 2013. Comportamiento de líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a fitopatógenos en Chapingo, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 19(3): 301-313.
- Mace, M.; Bell, A. 1981. Fungal Wilt Disease of Plants. Academic Press. New York. 640 p.
- Mai, W.; Abawi, G. 1987. Interactions among root knot nematodes and *Fusarium* wilt fungi on host plant. Annu. Rev. Phytopathology 25: 317-338.
- Martínez y Díaz, M.L. 1998. Revisión of *Physalis* Section Epeteiorhiza (Solanaceae). Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica 69 (2): 71-82.
- Martínez, M. 1999. Infrageneric taxonomy of *Physalis*. In: Solanaceae IV: Advances in Biology and Utilization. Nee, M.; Symon, D. E.; Lester, R. N.; Jessop, J. P. (eds.). Kew Royal Botanic Gardens. United Kingdom. Pp. 275-283.
- Mendoza, E.M.; López, B.A.O.; Oyervides, G.A.; Martínez, Z.G.; De León, C.; Moreno, M.E. 2003. Herencia genética y citoplásmatica de la resistencia a la

- podrición de la mazorca de maíz (*Zea mays* L.) causada por *Fusarium moniliforme* Sheld. Revista Mexicana de Fitopatología 21: 267–271.
- Montiel–González, L.; González–Flores, F.; Sánchez–García, B.M.; Guzmán–Rivera, S.; Gámez–Vázquez, F.P.; Acosta–Gallegos, J.A.; Rodríguez–Guerra, R.; Simpson, W.J.; Cabral–Enciso, M.; Mendoza–Elos, M. 2005. Especies de *Fusarium* (Link) presentes en raíces de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con daños de pudriciones, en cinco estados del centro de México. Revista Mexicana de Fitopatología 23: 1–10.
- Nelson, P. E. 1981. Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*. In: Fungal Wilt Diseases of Plants. Mace, M.E.; Bell, A.A.; Beckman, C.H. (Eds.). Academic Press. New York. Pp. 51 – 80.
- Nelson, P. E. 1990. Taxonomy of fungi in the genus *Fusarium* with emphasis on *Fusarium oxysporum*. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA, American Phytopathological Society. Pp. 27-35.
- O'Donnell, K. 1992. Ribosomal DNA internal transcribed spacer are highly divergent in the phytopathogenic ascomycete *Fusarium sambucinum* (*Gibberella pulicaries*). Current Genetics 22:213-220.
- Olutiola, P. 1978. Growth, sporulation and production of pectic and cellulolytic enzymes in *Fusarium oxysporum*. Trans. Br. Mycol. Soc. 70(1): 109-114.
- Palacios-Torres, R. E.; Bautista-Martínez, N.; Carrillo-Sánchez, J. L.; Sánchez-Hernández, M. Á.; Joaquín-Torres, B. M.; Solís-Aguilar, J. F. 2013. Observaciones sobre acolchado plástico, Imidacloprid y herramientas de identificación de *Melanagromyza tomaterae* Steyskal (Diptera: Agromyzidae)

sobre *Physalis ixocarpa* Brot. (Solanaceae). Acta Zoológica Mexicana 30(1): 61-73.

Peña L. A., Magaña L., N.; Montes H., S.; Sánchez M., J.; Santiaguillo H., J. F.; Grimaldo J., O.; Contreras R., A. 2011. Manual gráfico para la descripción varietal de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.). SNICS-SAGARPA, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México. 87 p.

Peña L. A.; Santiaguillo H., J.F. 1999 Variabilidad Genética de Tomate de Cáscara en México. Boletín # 2. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 26 p.

Peña L., A.; Márquez S., F. 1990. Mejoramiento genético en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Chapingo 71-72: 84-88.

Peña L., A.; Santiaguillo H., J. F.; Magaña L., N. 2007. Recursos y Mejoramiento Genético de Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). In: Producción de Tomate de Cáscara. Bautista M., N.; Chavarín P., C. (Eds.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. Pp: 31-71.

Pena-Lomelí, A.; Ponce-Valerio, J. J.; Sánchez-del-Castillo, F. y Magaña-Lira, N. 2014. Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto. Revista Fitotecnia Mexicana 37(4): 381-391.

Ponce-Valerio, J. J.; Peña-Lomelí, A.; Rodríguez-Pérez, J.E.; Mora-Aguilar, R.; Castro-Brindis, R.; Magaña-Lira, N. 2012. Densidad y poda en tres variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) cultivado en invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura 18(3): 325-332.

- Quirós, FC. 1984. Overview of the genetics and breeding of husk tomato. Hort. Science 19(6): 872-874.
- Rabodonirina, M.; Piens, M.A.; Monier, M.F.; Guého, E.; Fiére, D.; Mojon, M. 1994. *Fusarium* infections in immunocompromised patients: case reports and literatura review. Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis. 13: 152-161.
- Sánchez M., J.; Peña L., A. 2015. Variedades de uso común; un breve mirar a la riqueza mexicana. Volumen II tomate de cáscara. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. SAGARPA. México, D.F. 45 p.
- Santiaguillo H., J. F. y Blas Y., S. 2010. Usos de las especies de *Physalis* en México. In: Lecturas en Etnobotánica. J. A. Cuevas S. (Eds.). Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, Estado de México, México. Capítulo III. pp. 345-358.
- Santiaguillo H., J. F.; Vargas P., O.; Grimaldo J., O.; Sánchez M., J.; Magaña L., N. 2009. Aprovechamiento tradicional y moderno de tomate (*Physalis*) en México. Publicaciones de la Red de Tomate de Cáscara. Folleto Técnico Número 2. Septiembre de 2009. 31 p.
- Saray, M.; Loya J. R. 1977. El cultivo del tomate de cáscara en el estado de Morelos. INIA CIAMEC. Circular 57.
- SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015. Cierre de la producción agrícola por cultivo. SIAP-SAGARPA. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx> (Consultado en noviembre 2015).
- Soldevilla C., S.; Peña L., A.; Solís M., F.; Vásquez R., T.; 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: 25-38.

Steiner, A.A. 1984. The Universal Nutrient Solution. *In*: Proceedings 6th International Congress on Soils Culture. Wageningen, The Netherlands. Pp. 633-650.

Torres-Pacheco, J.; Méndez-Lozano; Rivera-Bustamante, R.F.; Fauquet, C.M. 1996. Pepper Huasteco Virus and Pepper Golden Mosaic Virus are Geminiviruses Affecting Tomatillo (*Physalis ixocarpa*) Crops in Mexico. *Phytopathology* 86(12): 1186.

White, T.J.; Bruns, T.; Lee, S.; Taylor, J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *In*: PCR Protocols: a guide to methods and applications. Innis, M.A.; Gelfand, D.H.; Sninsky, J.J.; White, T.J. (eds.). Academic Press, New York, USA. Pp. 315 – 322.