

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Estudio de Efectividad Biológica del Fungicida Fullcover Orgánico® Para el Control del Tizón Temprano *Alternaria solani* en el Cultivo del Tomate en

Buenavista, Saltillo, Coahuila

Por:

ODELIA MARTÍNEZ MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México
Noviembre de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Estudio de Efectividad Biológica del Fungicida Fullcover Orgánico® Para el Control
del Tizón Temprano *Alternaria solani* en el Cultivo del Tomate
en Buenavista, Saltillo, Coahuila

Por:

ODELIA MARTÍNEZ MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo
Asesor Principal

Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coasesor

Dr. Epifanio Castro del Angel
Coasesor

Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México
Noviembre de 2018

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Terra Mater

Gracias por abrirme las puertas, la oportunidad que me brindaste para formar parte de esta universidad y por darme las herramientas necesarias para poder formarme como profesionista.

A mis profesores

Por compartirme sus conocimientos, experiencias y consejos durante mi paso por las aulas, sin duda alguna ellos fueron piezas claves en mi formación profesional, agradezco mucho y de corazón a cada uno de ellos.

Al Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo

Por su apoyo en la realización de esta investigación así como también en la orientación de proceso de tesis, sobre todo por la paciencia y el tiempo que se tomó para la revisión de ésta, por todo esto muchas gracias.

Al Dr. Epifanio Castro del Angel por su apoyo incondicional en asesorarme en la revisión de este trabajo y por formar parte del jurado para la presentación de tesis.

Al Dr. Gabriel Gallegos Morales por su apoyo incondicional en la revisión de tesis y por formar parte del jurado para la presentación de esta.

DEDICATORIA

A Dios

Por sentirme bendecida siempre por él y tener en quien creer

A MIS PADRES

Adán Martínez y Adelila Martínez A ustedes dos por darme todo su cariño, amor y comprensión, por estar siempre conmigo cuando los necesito. Por su apoyo incondicional para poder lograr mis propósitos, por ser siempre mí ejemplo a seguir con sus enseñanzas y consejos. Los quiero

A MIS HERMANAS

María Elena y Zuleima que siempre han estado a mi lado incondicionalmente por su cariño y apoyo cuando más lo necesito gracias las quiero.

A Jose Gpe. Por ser parte de esta experiencia, por el apoyo y cariño incondicional.

INDICE GENERAL

	Páginas
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
INDICE DE APENDICES.....	IX
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General.....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
El Cultivo de Tomate.....	3
Origen.....	3
Características botánicas de la planta.....	3
Principales tipos de tomate comercializado.....	3
Plagas y Enfermedades del Tomate.....	6
El Tizón Temprano <i>Alternaria solani</i>	7
Hospedantes del hongo.....	7
Ubicación taxonómica de <i>Alternaria solani</i>	7
Características morfológicas.....	7
Biología del patógeno.....	7
Síntomas de la enfermedad.....	9
Manejo Integrado de la Enfermedad.....	10
Control cultural y mecánico.....	10
Control químico.....	10
Resistencia a Plaguicidas.....	11
Tendencia de Nuevas Alternativas Para el Control de Fitopatógenos.....	12
Extractos Vegetales.....	13
Mecanismos de Defensa Vegetal Frente a Patógenos.....	13
Inductores de resistencia.....	14
Ácido jasmónico.....	15
Descripción de Fungicidas Empleados en el Experimento.....	17
Fullkover Organico®.....	17
Daconil®.....	17

MATERIALES Y MÉTODOS	19
Establecimiento del experimento.....	19
Diseño del experimento.....	19
Manejo agronómico.....	19
Momento de aplicación.....	20
Parámetros de medición de la efectividad biológica y de la fitotoxicidad.....	20
Fitotoxicidad.....	21
Análisis estadístico.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
Incidencia de la Enfermedad.....	23
Porcentaje de Eficacia.....	23
Severidad de la Enfermedad.....	24
Fitotoxicidad.....	25
CONCLUSIONES	26
APENDICE.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Páginas
1. Principales entidades productoras de tomate rojo (SIAP, SAGARPA, 2016).....	5
2. Superficie sembrada y producción de tomate rojo por tipo de tecnología.....	6
3. Ciclo de la enfermedad (<i>Alternaria solani</i>).....	8
4. Daños causados por <i>Alternaria solani</i> en tallos de tomate (A), síntomas característicos en hoja (B) (fotografía tomada en UAAAN, bajo, 2016).....	9
5. Lesiones en fruto causado por <i>Alternaria solani</i>	10
6. Porcentaje de eficacia de tratamientos sobre <i>Alternaria solani</i> . Barras seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \geq 0.05$).....	24

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Páginas
1. Tratamiento de Fullcover Organico® para estudiar la efectividad biológica sobre <i>Alternaria solani</i> en el cultivo de tomate.....	19
2. Escala de evaluación de la severidad de tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>) en el área foliar del tomate.....	20
3. Escala de puntuación propuesta por European Weed Research Society (EWRS) para evaluar el control de maleza, fitotoxicidad al cultivo, su interpretación agronómica y porcentual	21
4. Incidencia de tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>) en plantas de tomate.....	23
5. Severidad de tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>) en plantas de tomate.....	25

INDICE DE APENDICE

Cuadro	Páginas
1 A. Análisis de varianza de primera lectura para la incidencia de la enfermedad en plantas de tomate.....	37
2 A. Análisis de varianza de segunda lectura para la incidencia de la enfermedad en plantas de tomate.....	37
3 A. Análisis de varianza de tercera lectura para la incidencia de la enfermedad en plantas de tomate.....	37
4 A. Análisis de varianza de tercera lectura para la severidad de la enfermedad en plantas de tomate.....	38
5 A. Análisis de varianza de segunda lectura para la severidad de la enfermedad en plantas de tomate.....	38
6 A. Análisis de varianza de tercera lectura para la severidad de la enfermedad en plantas de tomate.....	38

RESUMEN

El tomate es una de las hortalizas con mayor problemática de enfermedades fúngicas, para controlarlas se emplean fungicidas químicos, los cuales afectan el medio ambiente y causan problemas de resistencia en patógenos. Esto ha propiciado el desarrollo de alternativas ecológicas como los extractos vegetales. El objetivo de este trabajo consistió en estudiar la actividad antifúngica de Fullkover Orgánico® a diferentes dosis (0.750, 1 y 1.5 L./ha) sobre el tizón temprano (*Alternaria solani*) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) evaluando incidencia, severidad y determinado la eficacia de Abbott. El estudio se realizó en el campo experimental UAAAN-Salttillo, se establecieron cinco tratamientos en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones y se realizaron tres aplicaciones a intervalos de siete días. Los resultados obtenidos indican que el tratamiento de Fullkover O® a la dosis de 1.5 L/ha en las tres evaluaciones mostro la incidencia estadísticamente inferior a la observada en el testigo mientras que en el tratamiento químico clorotalonil la incidencia fue similar al testigo. Los tres tratamientos de Fullkover O® mostraron niveles de severidad estadísticamente más bajos al testigo y no existió diferencia significativa entre estos, pero si en el testigo comercial clorotalonil a la dosis de 1.5 L/ha. La efectividad de Fullkover O® a 1.5 L/ha sobre la incidencia de la enfermedad ocasionada por *A. solani*, fue superior a la dosis de 0.75 y 1.0 L/h con valores de 54 y 40 % de efectividad respectivamente, se muestra que el clorotalonil obtuvo 23,10 y 10% de efectividad en las tres lecturas. Los datos indican que el fungicida orgánico Fullkover O® a la dosis de 1.5 L/ha reduce la incidencia de la enfermedad en relación al fungicida químico. El uso de productos orgánicos a base de extractos o aceites vegetales puede ser una alternativa viable para manejo de tizón temprano en el cultivo de tomate.

Palabras claves: *Alternaria solani*, Tomate, Fulkover Organico, Alternativa

INTRODUCCIÓN

El tomate *Solanum lycopersicum* L. es la segunda hortaliza más cultivada a nivel mundial y la tercera especie hortícola de mayor producción en México, cultivándose anualmente cerca de 55,237.38 Ha con un valor de producción mayor a los 13 mil millones de pesos (FAO, 2014; SIAP, 2017). Sin embargo está expuesto a plagas insectiles y enfermedades presentando daños severos (Ascencio *et al.*, 2008). Una de las enfermedades más importantes es el tizón temprano causado por el hongo *Alternaria solani*, debido a que afecta las partes aéreas de la planta durante su desarrollo. Sus daños desencadenan en el hospedante una serie de afecciones generalmente de carácter irreversible, originando pérdidas económicas considerables (García *et al.*, 2007).

Desde hace años, el control de las enfermedades fúngicas ha dependido, en gran medida, de los tratamientos con agroquímicos. Sin embargo, su uso representa un severo riesgo para la salud humana y contribuye al aumento de la contaminación al medio ambiente (Abdel-Monahim *et al.*, 2011). Además, ha dado lugar a la aparición de microorganismos altamente resistentes a fungicidas, para reducir este problema, existe la necesidad de buscar y adoptar estrategias que sean accesibles, sencillas de aplicar y no tóxicas para seres humanos y animales (Naeini *et al.*, 2010).

Existen alternativas como los extractos vegetales cuyos principios activos sirven de repelentes a insectos y antiesporulantes de hongos fitopatógenos, esto sin duda contribuye a la preservación del agroecosistema. El manejo ecológico de las enfermedades mediante la integración de antagonistas fitoparásitos y extractos vegetales para reducir la incidencia y severidad de la enfermedad es una de las tendencias actuales (Ramírez *et al.* 2002). Investigaciones realizadas por Carvalho *et al.* (2011), con extractos acuosos de *Jatropha curcas* demuestran que controla el hongo *Alternaria* en un 46 %; Méndez *et al.* (2011) también mencionan un porcentaje de inhibición del 60 % con extractos acuosos de *Lippia graveolens* y *A. lechuguilla*. Si se considera que la mayoría de los compuestos obtenidos de las plantas son biodegradables e inoocuos, y que en México se encuentran aproximadamente 10 % de las

especies de plantas superiores del mundo y que más de 40 % de ellas son habitantes exclusivas del país (CONABIO, 1998), los extractos vegetales con propiedades antimicrobiales son una opción al uso de fungicidas sintéticos para el manejo de enfermedades causadas por hongos y estramenopilas (Ujváry, 2002). Considerando los antecedentes mencionados anteriormente se pretende el siguiente objetivo:

Objetivo General

Estudiar la actividad antifúngica de **Fullkover Organico** sobre tizón temprano *A. solani* en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* en condiciones de campo.

Hipótesis

Fullkover orgánico es un fungicida inductor de resistencia con acción antifungica y protectante orgánico para el control de *Alternaria solani* en el cultivo de Tomate *Solanum lycopersicum* L. por lo que se obtendrá menor incidencia y severidad de la enfermedad.

REVISIÓN DE LITERATURA

El Cultivo de Tomate

Origen.

El tomate es originario de la América del Sur, de la región andina, particularmente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile; Sin embargo, su domesticación fue llevada a cabo en México (CONABIO, 2017).

Características botánicas de la planta

El tomate es una planta anual y puede ser semiperene en regiones tropicales. Su sistema radicular es pivotante y robusta, pudiendo llegar hasta 60 cm de profundidad (Muñoz, 2009). Los tallos son el eje sobre el cual se desarrollan las hojas, flores y frutos; el diámetro puede ser de 2 a 4 cm de la base y el porte puede ser determinado e indeterminado. El tallo está cubierto por vellosidades que salen de la epidermis, mismas que expiden un aceite oloroso que al desprenderse sirve de protección al tallo (Calleja, 2009). Sus hojas son grandes, compuestas, diferentes tonos de color verde y de distintas formas, según la variedad. En las axilas de las hojas se forman las yemas que producen tallos secundarios de importante desarrollo y capacidad productiva (Biggs, 2004). Las flores son pequeñas, color amarillo, pedunculadas y forman corimbos axilares (CONABIO, 2016). El fruto de tomate es una baya compuesta por varios lóculos, pudiendo ser dos (bilocular) o más lóculos, los cultivares comerciales pertenecen al tipo multilocular. El color más común del fruto es rojo, pero existen amarillos, naranjas y verdes, siendo su diámetro comercial aproximado de 10 cm (Maroto, 2000).

Principales tipos de tomate comercializado

Cherry (Cereza). Se produce en plantas de crecimiento indeterminado. Es pequeño y de piel delgada. Se agrupan en ramilletes de 15 a más de 50 frutos. Tiene sabor dulce. Existen de color rojo y amarillo (SAGARPA, 2016).

Saladette (Roma). Variedad italiana para conserva de tomate pelado, fruto pequeño bi o trilocular, en forma de pera, el tamaño homogéneo (INIFAP, 2017).

Pera. Utilizado cada vez menos en la industria conservera para tomate pelado (SAGARPA, 2016).

Beef. Fruto de gran tamaño y baja consistencia. Producción precoz y agrupada. Otras variedades importantes son: Marmande, vemone, moneymaker, muchamiel, pometa tardío, San Marzano, cocktail, ramillete, liso, entre otros (SIAP, 2012).

Durante la década reciente la producción y el consumo mundial de tomate rojo, así como el consumo promedio per cápita, registran tendencia al alza. China es el productor importante y consumidor mundial, el principal importador es Estados Unidos y México el principal exportador de esta hortaliza (FIRA, 2017). En México, la producción de tomate rojo creció a una tasa promedio anual de 4.8 % entre 2006 y 2016, para ubicarse en un máximo histórico de 3.3 millones de toneladas. Durante ese período, la superficie total destinada a este cultivo disminuyó a una tasa promedio anual de 2.5 %. En el cultivo a campo abierto la superficie sembrada se redujo a una tasa promedio anual de 5.6 % entre 2006 y 2016, al pasar de 65,431 a 36,855 ha por el contrario, la superficie establecida con agricultura protegida (malla sombra e invernadero) pasó de 1,078 a 15,006 ha en el período mencionado, es decir, creció a una tasa promedio anual de 30.1 %. Así, el volumen de tomate rojo obtenido con el uso de estas últimas tecnologías pasó del 6.5 % del total en 2006 a 32.2 % en 2010, y hasta 60.7 % del volumen total en 2016 (SIAP, 2017).

En general, la productividad del tomate rojo por unidad de superficie continúa creciendo. Los rendimientos varían en función de las tecnologías empleadas, desde el cultivo a campo abierto, hasta la producción en invernaderos altamente tecnificados con sistemas automatizados de riego, nutrición y control fitosanitario. En 2016, el 56.3 % de la producción nacional de tomate se concentró en cinco entidades (Figura 1): Sinaloa (27.6%), San Luis Potosí (9.2%), Michoacán (7.0 %), Baja California (6.7 %) y Zacatecas (5.7 %) (SAGARPA, 2016).

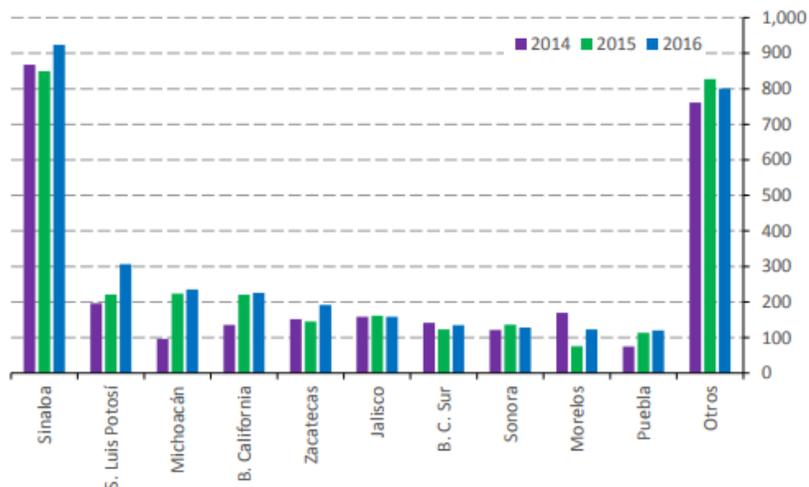


Figura 1. Principales entidades productoras de tomate rojo (SIAP, SAGARPA, 2016)

El tomate rojo mantiene su importancia y dinamismo en el comercio exterior agropecuario del país. En 2016 fue el principal producto agropecuario de exportación, con una participación de 13.2 % en el total de las ventas al exterior de productos agropecuarios y pesqueros. Durante la última década, el valor de las exportaciones mexicanas creció a una tasa promedio anual de 5.5%, mientras que el volumen lo hizo a una tasa promedio anual de 4.5% para ubicarse en un máximo histórico de 1.6 millones de toneladas. El volumen exportado fue equivalente al 48.0% de la producción nacional de esta hortaliza en 2016 y el 99.7 % de las ventas de tomate mexicano se destinó a Estados Unidos. En ese año, México abasteció el 90.7% de las compras estadounidenses de tomate rojo (USDA, 2017). Los precios del tomate rojo en el mercado nacional difieren de acuerdo con el tipo de producto (cultivado a campo abierto o en invernadero, orgánico, etc.) y de la variedad (saladette, bola y cherry), principalmente (Figura 2). La estacionalidad de la producción, el flujo de las exportaciones, así como posibles afectaciones al cultivo por fenómenos meteorológicos o sanitarios, son factores que repercuten de manera importante en la disponibilidad y el comportamiento de los precios de esta hortaliza en el mercado nacional (FAO, 2017).

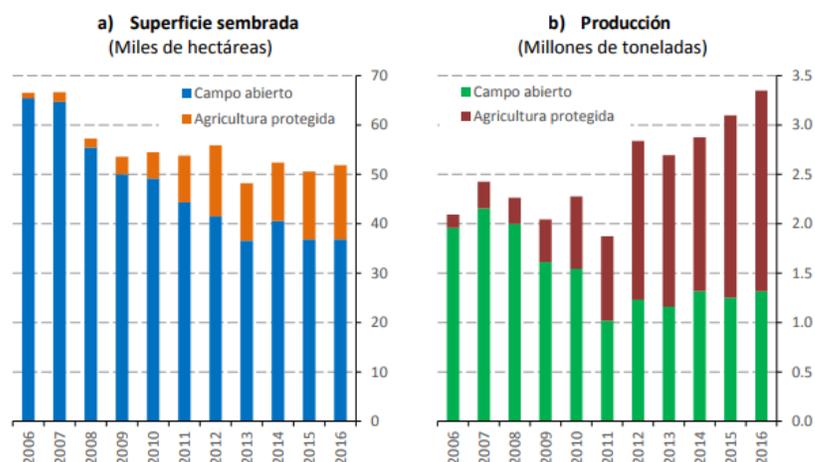


Figura 2. Superficie sembrada y producción de tomate rojo por tipo de tecnología (FAO, 2017)

Plagas y Enfermedades del Tomate

Un gran reto para la producción de tomate a cielo abierto y bajo sistemas protegidos es la presencia de varias enfermedades de importancia económica que merman la producción y aumento de gastos de inversión del cultivo. Los patógenos que afectan la parte aérea del tomate son muy diversos y variados, muchos de ellos pueden ocasionar pérdidas muy severas si no se toman las medidas de control adecuadas (Rey et al., 2000). Las principales plagas y patógenos que atacan al tomate se encuentran: mosca blanca (*Bemisia spp.* y *Trialeurodes spp.*) que son capaces de transmitir más de 25 virus, el acaro *Aculops lycopersici*, la araña roja *Tetranychus urticae* y el psilido *Bactericera cockrelli* (Ceickor, 2010). Dentro de las enfermedades, se presentan las Infecciones bacterianas causadas por especies de *Xanthomonas* y *Pseudomonas*, el cáncer bacteriano causado por *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*, pudriciones fúngicas por *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora infestans*, *P. parasítica*, cenicillas (*Leveillula taurica* y *Oidiopsis simula*), “damping off” por *Rhizoctonia solani*, *Pythium spp.* y *Fusarium spp.* (Oyoque, 2008).

El Tizón Temprano *Alternaria solani* S.

Hospedantes del hongo

Alternaria solani afecta principalmente a solanáceas y entre ellas al tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y la papa (*Solanum tuberosum* L.), ocasionando la enfermedad conocida como tizón temprano. La enfermedad presenta tres fuentes de inóculo principales: clamidosporas en el suelo, tubérculos semillas contaminados en el caso de papas y las solanáceas silvestres que crecen todo el año en colindancia en los campos de cultivo, algunos hospedantes como *Capsicum annum*, *Solanum melogena* y *Datura suaveolens*. (Pérez et al., 2005)

Ubicación taxonómica de *Alternaria solani*

Reino: Fungi

Fito: Ascomycota

Subdivisión: Pezizumycotina

Clase: Dothideomycetes

Orden: Pleosporales

Familia: Pleosporaceae

Género: *Alternaria*

Especie: *A. solani* Sorauer

(Sordani, 2002)

Características morfológicas

Según Sordani (2002) *Alternaria solani* S. posee un micelio ligeramente pardo oscuro, conidióforos y conidios (150 a 300 μm), ligeramente pardos y oscuros, pluricelulares, muriforme, oblongas o alargadas.

Biología del patógeno

El micelio y los conidios del hongo pueden permanecer viables durante un largo tiempo en las hojas y tallos infectados; las semillas también se contaminan con facilidad. Los

conidios son transportados por el viento y por las salpicaduras del agua. Una vez en contacto con la superficie vegetal pueden penetrar directamente a través de la epidermis y desarrollar su micelio en el tejido vegetal, a los dos o tres días de penetrar el hongo aparecen pequeñas lesiones de color marrón oscuro que luego se agrandan. Las temperaturas y la humedad relativa alta favorecen tanto el proceso infectivo como el desarrollo de la enfermedad. Por otra parte el déficit de nitrógeno también propicia la infección (Sordani, 2002).

Andreu y Gómez (2008) mencionan que la dispersión de la enfermedad se realiza por solanáceas silvestres y cultivadas, semillas infectadas y restos de plantas enfermas, donde el hongo puede sobrevivir por clamidósporas. La planta con manchas en los tallos y hojas puede constituir una fuente de inóculo primario para diseminar al hongo (Figura 3). Las temperaturas favorables se encuentran en un rango entre 31 y 35 °C; aunque la esporulación es favorecida por noches húmedas y frescas seguidas de días soleados y temperaturas elevadas. Las semillas de los frutos afectados se contaminan y constituyen una fuente de inóculo de la enfermedad. La penetración del hongo en la planta es por vía directa, aunque puede hacerlo por estomas.

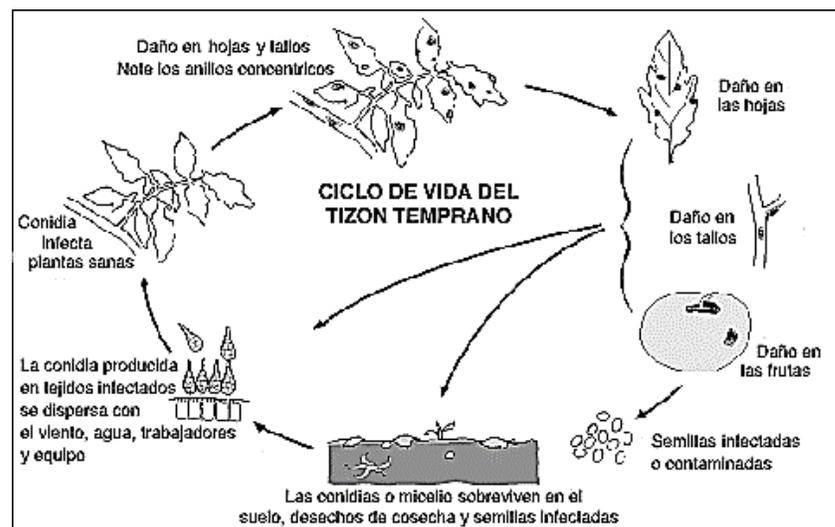


Figura 3. Ciclo de la enfermedad (*Alternaria solani*)

Síntomas de la enfermedad

Los síntomas de tizón temprano se producen en fruta, tallo y hojas de los tomates y tubérculos de papa. Los síntomas iniciales en las hojas aparecen como pequeñas lesiones de 1-2 mm de color marrón o negro bajo condiciones ambientales que favorecen la enfermedad, las lesiones aumentan y con frecuencia están rodeados por un halo amarillo y las lesiones mayores de 10 mm de diámetro con frecuencia tienen anillos concéntricos pigmentados oscuros. Esta lesión es llamada "ojo de buey", es muy característico de tizón temprano (Figura B). A medida que las lesiones se expanden y nuevas las lesiones se desarrollan, las hojas enteras pueden verse cloróticas y dehiscente, lo que lleva a una defoliación significativa. Las lesiones que se producen en tallos, a menudo son hundidas y la lente en forma de luz con un centro oscuro, y tiene los típicos anillos concéntricos (Figura A). En las plantas jóvenes de semillero de tomate las lesiones pueden rodear por completo el tallo, una fase de la enfermedad conocida como "pudrición del cuello", que puede conducir a la reducción de vigor de la planta o la muerte (Agrios, 2005).

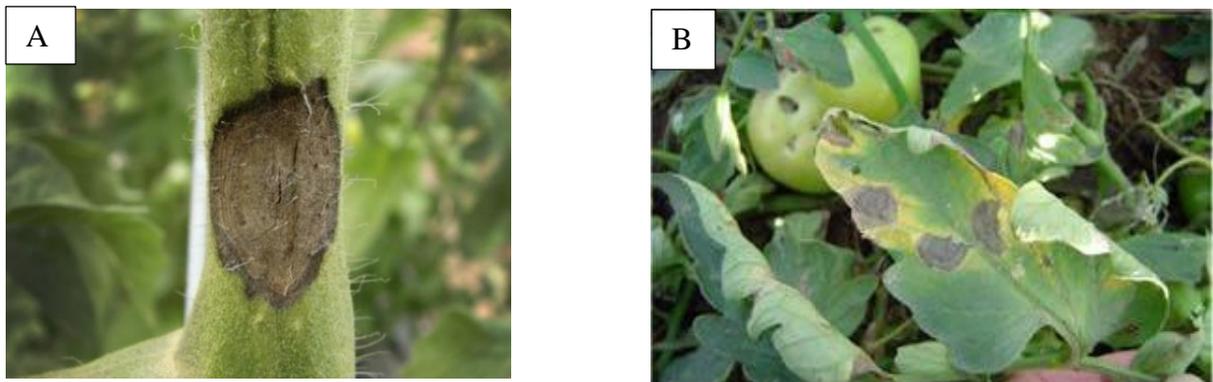


Figura 4. Daño causado por *Alternaria solani* en tallo de tomate (A), síntomas característicos en hojas (B) (Fotografía tomada en UAAAN, Bajío, 2016).

La infección del fruto de tomate se produce normalmente a través del cáliz con lesiones (Figura 6), a veces hasta alcanzar un tamaño considerable. Las lesiones aparecen correosa y pueden tener los anillos concéntricos característicos. La fruta infectada con frecuencia se reducirá de forma precoz (Howard, 2005).



Figura 6. Lesiones en frutos de tomate causado por *Alternaria solani*

Manejo Integrado de la Enfermedad

Control cultural y mecánico

Es recomendable la eliminación de los rastrojos del cultivo anterior, el cual se tiene que realizar lo antes posible y no dejarlos secar dentro del campo; con esto evitaremos la multiplicación de enfermedades. Para la época de siembra hay que tomar en cuenta que en la época seca (calor) hay más incidencia de plagas; en época de lluvia, hay más problemas con enfermedades. La rotación de cultivos es una práctica deseable con la siembra de cultivos que no sean de la misma familia, ya que estas son atacadas por las mismas plagas e incrementan el inóculo de infección; además con una buena fertilización lograremos que la planta crezca más vigorosa y tenga mejor resistencia contra las plagas y enfermedades. También se sugiere la eliminación de plantas enfermas; con esto evitaremos tener focos de infección dentro del cultivo (hay que sacarlas y enterrarlas fuera de la plantación) (Koley, 2015).

Control químico

El control de hongos fitopatógenos a través de fungicidas sintéticos continúa siendo la medida más importante para aumentar los rendimientos de los cultivos (Bernal *et al.*, 2002). Los fungicidas protectores, como mancozeb y clorotalonil son la base de la mayoría de los programas de manejo del tizón temprano. Estos fungicidas se deben aplicar a intervalos de 7-10 días para proporcionar una protección, así como para

contrarrestar los efectos de la intemperie que elimina progresivamente el fungicida de la superficie de la hoja. Las ventajas de este tipo de productos en su actividad multi sitio en su modo de acción, lo que reduce el riesgo de aislados resistentes en la población del patógeno; por lo tanto, son útiles como acompañantes de mezcla en el caldo de aspersión o utilizado en rotación con otros fungicidas. Las desventajas incluyen la necesidad de aplicar con regularidad y sus relativamente altas tasas de uso (Castaño *et al.*, 2005). Debido a que no se cuenta con un sistema de predicción de la enfermedad, cuando los síntomas son visibles, la diseminación ya está dentro y es amplia; puede que el uso de fungicidas en forma preventiva sea una alternativa racional de manejo. Para los cultivos que se desarrollan durante la época de lluvias, es necesario hacer aplicaciones de fungidas y bactericidas frecuentemente, para evitar la diseminación rápida de las enfermedades en el cultivo; por regla general se recomienda que las plantas vengan protegidas desde el semillero y cuando estas son puestas en el terreno definitivo (Jones *et. al.*, 2007).

Resistencia a Plaguicidas

El control químico de plagas y enfermedades es uno de los métodos más efectivos que posee el hombre. Sin embargo, la aplicación indiscriminada o su efecto acumulativo provoca numerosos impactos tales como la contaminación ambiental, intoxicaciones, daños severos a la salud y que los microorganismos desarrollen resistencia al ingrediente activo (Bernal y Armario, 2002). Como respuesta a la utilización masiva y a veces indiscriminada de estos productos, la población de organismos fitopatógenos resistentes ha incrementado (Cooke *et al.*, 2003; Leroux, 2003) por lo que no se deben repetir tratamientos con actividad uni sitio en su modo de acción de la misma materia activa (Alonso, 2002).

La resistencia genética que manifiestan los organismos a estos productos químicos, deriva de la naturaleza del veneno por parte de individuos de dicha población. La resistencia a los plaguicidas es actualmente el problema principal en la producción agrícola en el ámbito mundial. A finales de los años 80 se habían descrito casos de tolerancia a una o más clases de insecticidas en más de 500 especies de insectos y hongos, de las que el 56.1 % eran de interés agrícola, el 39.3 % de importancia

médico–veterinaria y el 4.6 % de organismos benéficos (Georghiou, 1990). Se tienen numerosos reportes acerca de que debido a la aplicación intensa de productos sintéticos se ha generado resistencia en los microorganismos patógenos un ejemplo de ello es el fungicida benomilo a la roña del manzano (*Venturia inaequalis*) lo cual va disminuyendo en gran medida la efectividad de estos (Bautista-Baños, 2006).

Tendencia de Nuevas Alternativas Para el Control de Fitopatógenos

En los últimos años la opinión pública para reducir el uso de fungicidas sintéticos en la agricultura ha aumentado. Se han expresado inquietudes sobre el daño que ocasiona el uso de estos productos en el ambiente, así como el riesgo potencial para la salud (Abad *et al.*, 2007). La sociedad ha priorizado los aspectos ambientales y ha dirigido un importante número de investigaciones hacia el hallazgo y establecimiento de nuevas alternativas para el manejo integrado de plagas y enfermedades de las plantas con menos efectos negativos al ambiente (Vaillant *et al.*, 2009).

Es prioritaria la búsqueda de opciones para el manejo de plagas y enfermedades con un menor costo e impacto ambiental, pero con la misma efectividad. La utilización de alternativas de control de enfermedades no contaminantes, es de suma importancia para lograr una eficiente producción agrícola sin el deterioro ambiental, con alimentos más saludables sin afectar la calidad del mismo. Los aceites y extractos vegetales con propiedades plaguicidas pueden tener un papel importante en un sistema ecológico (Bravo *et al.*, 2000). México está incluido entre los países con mayor diversidad vegetal en el mundo, sin embargo solo a una pequeña parte de las especies vegetales se les da alguna utilidad. Desde hace años el uso de extractos vegetales acuosos o de material vegetal molido y hecho polvo se ha usado para la prevención y control de enfermedades. Recientemente, Montes *et al.*, (2000), evaluaron propiedades anti fúngicas de las plantas, reportando un total de 206 especies de plantas, 26 de estas evaluadas contra la actividad de hongos fitopatógenos, incluyendo pruebas de invernadero y campo en algunos casos. Los resultados indicaron que entre 32 y 51 % de las plantas evaluadas interactúan con los hongos y la respuesta de los patógenos varía desde la estimulación biológica hasta su total inhibición (Portillo *et al.* 2005).

Extractos Vegetales

Un extracto vegetal es la sustancia que se obtiene de hojas, tallos, flores o semillas, según sea la parte que contiene el ingrediente activo que actúa contra las plagas. Para obtenerla, en algunos de los casos se macera la parte seleccionada, pero lo más común es la cocción o la infusión al que se agrega generalmente alcohol como agente extractor y preservante (Chávez, 2008). El uso de extractos vegetales en la agricultura es cada vez más usado debido a que estos productos no permiten que las plagas se desarrollen en las plantaciones evitando pérdidas económicas (Guevara, Maselli y Sánchez, 2004).

Los extractos vegetales se caracterizan porque contienen grupos químicos e ingredientes activos de acción probada sobre la resistencia, repelencia y control de plagas, tales como terpenos, fenoles, alcaloides, ácidos orgánicos (calecico, y protocatecuico), péptido, ácidos grasos polisaturados y del grupo Omega 3, salicina, alina, quassina, piperina, capsicina, cinnamyl aldehído, D-limonene, diatómos, cafeína y nicotina. También actúa sobre la resistencia al estrés biótico y /o abiótico y promoción del desarrollo de la planta aminoácidos, azúcares, péptido, proteínas y enzimas, complejos enérgicos, hormonas, vitaminas y nutrientes vegetales (Yáñez, 2008).

Mecanismos de Defensa Vegetal Frente a Patógenos

Continuamente las plantas se encuentran en contacto con otros organismos, en sus condiciones naturales ellas interactúan con una amplia gama de microorganismos potencialmente patogénicos. Sin embargo, las plantas normalmente permanecen sanas debido a la manifestación de varios mecanismos de defensa (Kuc, 2001). Para ello los vegetales han desarrollado mecanismos físicos y químicos que reducen la posibilidad de infección o previenen el acceso de patógenos al hospedante. Existen los que pueden presentar una defensa pasiva o preformada (preexistente), si está determinada por propiedades ya existentes antes del intento de infección del patógeno; también denominados factores constitutivos, o una defensa activa o inducida, dinámica, si resulta de estructuras o sustancias producidas como respuesta a la penetración del patógeno (Cruz *et al.*, 2006).

Inductores de resistencia

Una gran variedad de especies de plantas se ven afectadas por patógenos diferentes, entre los que destacan: hongos, bacterias, nematodos y virus. Sin embargo, aun cuando las plantas pueden sufrir daños considerables o de poca importancia muchas de ellas sobreviven y con frecuencia continúan su desarrollo normal llegando a producir buenos rendimientos (Agrios, 2002). La resistencia natural de las plantas a patógenos se basa en efectos combinados de barreras preformadas y mecanismos inducibles. Las plantas utilizan defensas físicas y bioquímicas en contra de los invasores (Rangel *et al.*, 2010). Se ha comprobado que una compleja red de señales hormonales controla la respuesta de la planta frente al ataque de patógenos. Las hormonas vegetales son un grupo de moléculas pequeñas de naturaleza química diversa que controlan procesos, que van desde el crecimiento y desarrollo de la planta, hasta su respuesta frente al estrés biótico y abiótico. El etileno, el ácido jasmónico (AJ) y el ácido salicílico (AS) son reguladores del crecimiento vegetal con un papel bien documentado en la respuesta de la planta frente al estrés biótico (Lumba y Culter, 2010). La inducción de resistencia frente a un patógeno se basa principalmente en transformar una interacción compatible en incompatible; es decir, que la planta susceptible de enfermar sea resistente (Riveris, 2010). Los inductores actúan sobre el vegetal impidiendo o retrasando la entrada del patógeno, y limitando consecuentemente su actividad en el tejido u órgano infectado. No tienen efecto directo o actividad específica sobre los fitopatógenos (Gómez y Reis, 2011), varios mecanismos de inducción existen hasta el momento entre los más destacados se encuentran: la resistencia sistémica adquirida (SAR) y la resistencia sistémica inducida (SIR) (Camarena y Torre, 2007).

La SAR se activa local y sistémicamente tras la infección de la planta por patógenos que producen necrosis (virus, bacteria u hongos). La SAR se caracteriza por ser una resistencia de amplio espectro, es decir, que confiere resistencia no sólo al patógeno que la ha activado, sino también a otros patógenos (Ryan, 2000). Se ha comprobado que la SAR es una resistencia duradera (activa durante días o semanas) en condiciones tanto naturales como de laboratorio, lo que la hacen muy atractiva desde un punto de

vista agronómico (Molina y Rodríguez, 2008). Mientras que la SIR es activa por patógenos del suelo que son capaces de colonizar las raíces de las plantas. Al igual que la SAR, la SIR es una resistencia sistémica, de amplio espectro (puede conferir protección frente a bacterias, hongos y algunos virus), y es duradera en condiciones de laboratorio y de campo (Pieterse y Loon, 2004). La similitud de ambos se basa en que las plantas, luego de ser expuestas a un agente inductor activan sus mecanismos de defensa tanto en el sitio de infección como en áreas más distantes (respuestas sistémicas) de manera más o menos generalizada (Cavalcanti *et al.*, 2005).

Dependiendo del tipo de agente inductor, existen dos tipos de inducción de resistencia. Una donde la resistencia puede ser activada por la presencia, sobre el tejido vegetal, de organismos como hongos, virus, bacterias, nematodos e incluso insectos herbívoros, conocida ésta como inducción biótica. Mientras que el otro tipo de inducción imita la presencia de un patógeno para generar resistencia por la presencia de moléculas sintéticas depositadas sobre los órganos vegetales, denominada inducción abiótica (Kuc, 2001). Las vías de señalización de respuestas provocadas por un agente biótico pueden ser dependiente tanto del ácido salicílico, en asociación con la acumulación de las proteínas relacionadas con la patogénesis (PRP), como del ácido jasmónico y del etileno, no estando asociado, en este caso, con la acumulación de las PRP, conocida como resistencia sistémica adquirida (RSA). En cambio, la cascada de señales generada por un inductor abiótico sólo sigue la vía del ácido jasmónico y etileno, denominada resistencia sistémica inducida (RSI) (Vallad y Goodman, 2004).

Ácido jasmónico

El ácido jasmónico (AJ), actúa como molécula señal de las respuestas de las plantas a diversas situaciones de estrés y participan en diversos procesos del crecimiento y desarrollo (Avanci *et al.*, 2010; Ting, 2014).

Los jasmonatos son formados a partir del ácido graso no saturado linolénico que se libera desde los fosfolípidos de las membranas celulares por la acción de lipasas, mecanismo que ocurre principalmente en las hojas de las plantas (Jordán y Casaretto,

2006). El ácido jasmónico es producido por la planta después del daño producido por un patógeno por un insecto y da como resultado un incremento de la producción de compuestos de resistencia, como el ácido salicílico y etileno (Chávez *et al.*, 2012). Entre las situaciones de estrés que lo regulan están las heridas (mecánicas o bióticas), la exposición a ozono, sequía y el ataque por patógenos y plagas. Los procesos de desarrollo en los que participan los jasmonatos están el crecimiento de la raíz, la tuberización, la maduración de frutos, la senescencia y el desarrollo del polen, la formación de yemas y flores, entre otros efectos (Chunmei, 2013). Salisbury y Ross (1992) reportaron que este tipo de compuesto se ha encontrado en 150 familias y 206 especies de plantas, incluyendo hongos, musgos y helechos. También se ha demostrado que el AJ provoca efectos fisiológicos sobre las plantas similares a los del ácido abscísico (ABA) (Schillmiller y Howe, 2005).

Este ácido orgánico generalmente está en el rango picomolar por gramo de peso fresco en tejido de hojas y pueden aumentar rápidamente bajo estímulos externos. Algunos órganos y tejidos exhiben por encima de 10 veces el nivel encontrado en hojas, sugiriendo que estos niveles elevados indican funciones diferentes en la regulación de determinados procesos de desarrollo (Wasternack y Hause, 2002).

Ácido jasmónico como inductor de resistencia frente a patógenos. El ácido jasmónico y sus derivados son considerados componentes de la vía de transducción de señales en los mecanismos de defensa de las plantas y se han registrado aumentos en sus niveles endógenos en plantas sometidas a estrés (Fonseca *et al.*, 2009; Yhan *et al.*, 2013). Estos compuestos inducen la expresión de genes que codifican proteínas específicas, entre las que pueden citarse: inhibidores de proteasas, enzimas involucradas en la biosíntesis de flavonoides, osmotinas y lipoxigenasas, y diferentes proteínas relacionadas con la patogénesis (Andrade *et al.*, 2005). Diversos estudios demostraron que el AJ y los JAs inducen la biosíntesis de varias enzimas.

Descripción de Fungicidas Empleados en el Experimento

Fullkover Organico®

Es un inductor de resistencia con acción fungicida y protectante orgánico de amplio espectro para el control de las enfermedades fungosas que atacan los órganos aéreos de las plantas. Está elaborado de compuestos aromáticos obtenidos de extractos de diversos órganos de plantas silvestres, así como ácidos grasos de origen animal y vegetal, ceras vegetales y própolis de abeja. La acción de FullKover Orgánico es sistémica y de contacto. Una vez dentro de los tejidos y conductos vegetales estimula la síntesis y transporte de metabolitos secundarios tipo fitoalexinas relacionadas con la protección y control localizado de enfermedades. Influye positivamente en la producción de jasmonatos y etileno, señalizadores bioquímicos para activación de genes y síntesis de proteínas y compuestos de resistencia específicos a toxinas producidas por hongos fitopatógenos.

Beneficios. Induce autodefensa de las plantas al ataque de hongos promoviendo la detección de invasores así como también respuestas hipersensitivas a daños mecánicos y ocasionados por hongos; activa la síntesis de proteína e induce una rápida cicatrización del tejido dañado además posee un efecto de control directo permitiendo reforzar los tejidos de órganos de las plantas.

Contenido de la formulación. Los aceites y extractos contenidos en esta formulación son aceite de menta, oliva, citronela, oregano, extracto de té verde, polipeptidos, gel de sábila, gel de nopal además de agentes emulsificantes naturales acondicionadores y diluyentes.

Daconil®

Características del producto. Producto químico con ingrediente activo clorotalonil perteneciente al grupo de los cloronitrilos con acción multi-sitio.

Modo de acción. Fungicida no sistémico con acción protectante de amplio espectro principalmente usado para enfermedades foliares. Su modo de acción es multi-sitio por lo que es ideal para ser incorporado en programas de manejo de resistencia a fungicidas sistémicos mono sitio.

Compatibilidad. Es compatible con los fungicidas, insecticidas y acaricidas más comúnmente usados. Sin embargo, debido a las muchas variaciones de los agentes tensoactivos, emulsificantes y solventes utilizados en la formulación de los plaguicidas, no deberá ser mezclado en el tanque de aspersión con plaguicidas o con agentes tensoactivos o fertilizantes, a menos que se haya comprobado previamente que la combinación es físicamente compatible, eficaz y no fitotóxica bajo las condiciones de uso local.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento del experimento

Este se realizó en campo agrícola Bajío del campus de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila con localización entre las coordenadas geográficas 25° 22" de latitud Norte y 101° 02" longitud Oeste y a una altitud de 1,742 msnm. El experimento se estableció con la colocación de acolchado y cintilla el 14 de mayo; posteriormente se realizó el trasplante del cultivo tomate variedad "Rio grande" de crecimiento determinado el 28 de Mayo finalmente la evaluación y primera aplicación comenzó el 11 de Agosto a la presencia de síntomas de *A. solani*. Se utilizaron 5 tratamientos con tres aplicaciones a intervalos de 7 días (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos de Fullkover O para estudiar la efectividad biológica sobre *Alternaria solani* en el cultivo de tomate.

Tratamiento	Producto	Dosis / Ha	Número de aplicaciones	Intervalo (días)
T 1	Fullkover Organico	0.750 L/Ha	3	7
T 2	Fullkover Organico	1.0 L/Ha	3	7
T 3	Fullkover Organico	1.5 L./Ha	3	7
T 4	Testigo comercial (Daconil®)	2.0 L./Ha	3	7
T 5	Testigo absoluto	---	---	---

Diseño del experimento

El experimento fue establecido en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones por cada tratamiento. Cada unidad experimental contó con tres surcos de 8 m de longitud, separados 1,5 m. entre cada tratamiento y 2 m de distancia entre bloques. Se tomó como parcela útil sólo seis metros centrales del surco central, esto para eliminar el efecto de orilla en el experimento.

Manejo agronómico

Se realizaron 3 aplicaciones de fertilizantes vía riego (Ultra 19® 5 kg, Nitramin O® 1 L y Raizinn Biol® 0.500 L), asimismo Best Ultra S® en dos ocasiones al momento del

trasplante y 30 días después esto con el fin de controlar hongos del suelo. Posteriormente se llevaron a cabo 3 aplicaciones foliares con bioestimulantes (Citoflex[®], Aminomax[®], Virablock[®] y Multigreen[®]) todos a la dosis de 2 L/ha, para las diferentes plagas, principalmente mosquita blanca *Bemisia tabaci* y gusano del cuerno *Manduca* sp. se aplicaron insecticidas biológicos (Larbiol 2X[®]) a la dosis de 2 L/ha, y una sola aplicación con Cipermetrina y Diazinon en la etapa intermedia del cultivo. Los productos fueron proporcionados por la empresa Green Corp Biorganiks de México S.A de C.V.

Momento de aplicación

Las aplicaciones se realizaron después de la aparición de los primeros síntomas, y se continuó con las demás a intervalo de 7 días; se realizaron aplicaciones al follaje con una aspersora de mochila marca OSATU[®] STAR 16 AGRO, utilizando el equivalente a un volumen de 300 L/ha.

Parámetros de medición de la efectividad biológica y de la fitotoxicidad.

Se realizaron tres evaluaciones, a intervalos de siete días después de cada aplicación. La incidencia se determinó como porcentaje de plantas enfermas (con síntomas de tizón temprano), considerando 10 plantas de cada parcela útil por unidad experimental. La severidad se determinó considerando el nivel de daño de las plantas enfermas de acuerdo a la escala mostrada en el cuadro 2.

Cuadro 2. Escala de evaluación de la severidad de tizón temprano (*Alternaria solani*) en el área foliar del tomate.

Indice o Escala	Descripción del Daño (%)
0	Planta sana
1	De 1 a 5 manchas en la planta (1 % infección)
2	De 5 a 10 manchas en la planta (10% de superficie foliar, afectada)
3	De 11 a 25 manchas (25 % de superficie foliar, afectada)
4	De 26 a 50 manchas (50% de superficie foliar, afectada)
5	Más de 50 manchas (50 % de superficie foliar, afectada)

Además se determinó el porcentaje de eficacia de los tratamientos por medio de la ecuación de Abbott (1925):

$$\% \text{ de eficacia} = [(A-B)/A]100$$

Donde:

A=% de infección en la parcela testigo después de haber aplicado en las demás unidades experimentales.

B=% de infección en la parcela tratada después de la aplicación del plaguicidas.

Fitotoxicidad

Para determinar la posible fitotoxicidad (Cuadro 3), esta se evaluó en las plantas de la parcela útil de la unidad experimental mediante el empleo de la escala de la EWRS.

Cuadro 3. Escala de puntuación propuesta por European Weed Research Society (EWRS) para evaluar el control de maleza y fitotoxicidad al cultivo y su interpretación agronómica y porcentual. (Burril *et al.*, 1977).

Valor	Efecto sobre el Cultivo	% de Fitotoxicidad al Cultivo
1	Sin Efecto	0.0-1.0
2	Síntomas muy Ligeros	1.0-3.5
3	Síntomas Ligeros	3.5-7.0
4	Síntomas que no se Reflejan en el Rendimiento	7.0-12.5
5	Daño Medio	12.5-20.0
6	Daños Elevados	20.0-30.0
7	Daños muy Elevados	30.0-50.0
8	Daños Severos	50.0-99.0
9	Muerte Completa	99.0-100

Análisis estadístico

Los datos se sometieron a un Análisis de Varianza para determinar la significancia entre tratamientos (ANOVA, $\alpha=0.05$) y posteriormente a una prueba de comparación de rango múltiple para ordenar la efectividad biológica de los tratamientos bajo estudio (Tukey $\alpha= 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia de la Enfermedad

Los resultados mostrados en el cuadro 4 indican que la incidencia en el tratamiento de Fullkover O[®] a 1.5 L/ ha es el único que se diferencia estadísticamente del testigo absoluto en las tres evaluaciones y del testigo químico en las dos últimas lecturas, en estas, la incidencia fue de un 40% y 30% menor respectivamente en relación al testigo absoluto y testigo químico. Cabe mencionar que el desarrollo de la enfermedad se detuvo a partir de la segunda aplicación de Fullkover O[®] a 1.5 L/ha sin embargo en relación con los demás tratamientos el desarrollo de la enfermedad fue continuo. Alkahil (2005) probó extractos acuosos, por arrastre de vapor y etanólicos de ajo (*Allium sativum*), semilla de neem (*Azadirachta indica*), hierba de limón (*Cymbopogon proxims*), comino (*Carum carvi*) y clavo (*Eugenia caryophyllus*), así como el uso de producto químico de clorotalonil, y cepas de *Trichoderma* spp., contra *Alternaria* spp.; sus resultados muestran que los extractos vegetales, *Trichoderma* y clorotalonil presentan una eficacia mayor del 60%, aunque el extracto de ajo fue el mejor con 95% de actividad fungicida. Los resultados mencionados y obtenidos en el presente ensayo confirman que los extractos a base de plantas poseen capacidad antifúngica.

Cuadro 4. Medias de incidencia de tizón temprano (*A. solani*) en plantas de tomate.

Tratamientos	Dosis/ha	Incidencia en 1 ^a Lect.	Incidencia en 2 ^a Lect.	Incidencia en 3 ^a lect.
1 FULLKOVER O [®]	0.75 L	65.00 a	85.00 a	100.00 a
2 FULLKOVER O [®]	1.0 L	40.00 ab	65.00 a	75.00 b
3 FULLKOVER O [®]	1.5 L	30.00 b	60.00 b	60.00 c
4 CLOROTALONIL (Daconi [®])	2.0 L	50.00 ab	90.00 a	90.00 a
5 TESTIGO	--	65.00 a	100.00 a	100.00 a

Porcentaje de Eficacia

La efectividad de Fullkover O[®] a 1.5 L/ha sobre la incidencia de la enfermedad ocasionada por *A. solani*, fue superior a la dosis de 0.75 y 1.0 L/h con valores de 54 y 40 % de efectividad respectivamente, se muestra que el clorotalonil obtuvo 23,10 y 10% en las tres lecturas. Los datos indican que el fungicida orgánico Fullkover O[®] a la

dosis de 1.5 L/ha reduce la incidencia de la enfermedad en relación al fungicida químico

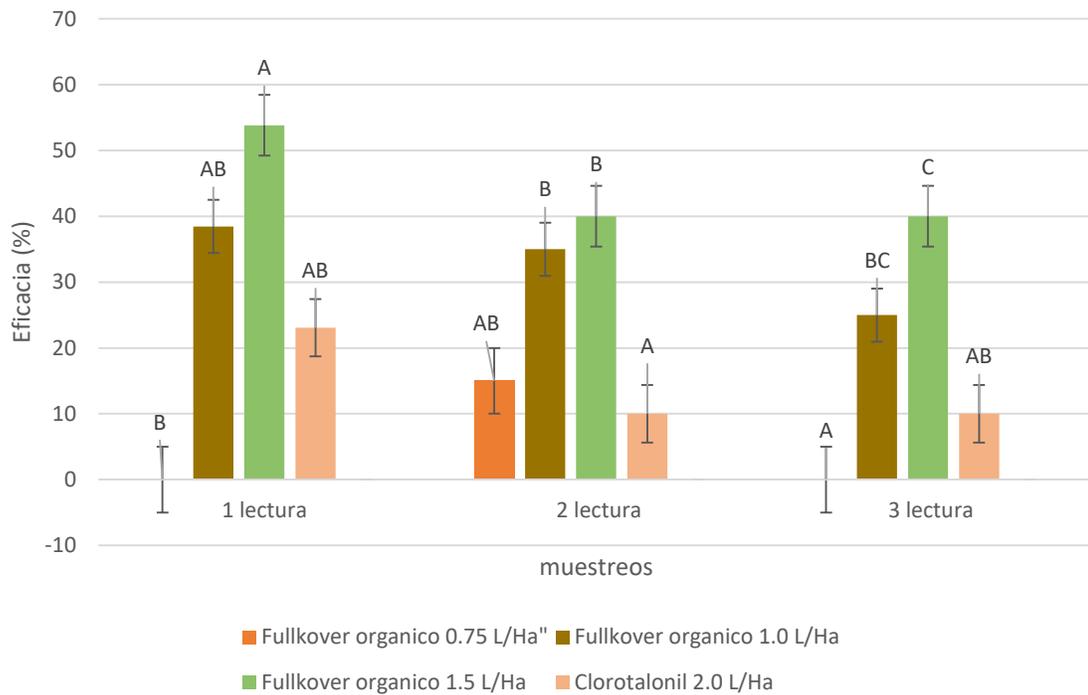


Figura 8. Porcentaje de eficacia de tratamientos sobre *Alternaria solani*. Barras seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \geq 0.05$).

Severidad de la Enfermedad

En el cuadro 6 se muestra la efectividad de Fullkover O[®] sobre la severidad de *A. solani*, los resultados de la primera evaluación no mostraron diferencia significativa entre tratamientos ($P > 0.05$); sin embargo a partir de la segunda aplicación los datos de severidad obtenidos mostraron reducción de la enfermedad, cabe mencionar que entre las dosis de Fullkover O[®] no se mostró diferencia significativa y la severidad del daño siendo estadísticamente inferior a la severidad observada en el testigo absoluto seguido por el tratamiento químico. Abiodun *et al.* (2017) evaluaron extractos acuosos de *Chromolaena odorata*, *Euphorbia heterophylla*, *Tithonia diversifolia*, *Azadiractha indica* y *Carica papaya*, los resultados que obtuvieron a partir de la cuarta semana se mostraron diferencia significativa del testigo ante la enfermedad, en el extracto de C.

papaya de un porcentaje de infección fue de 2.6% en comparación con los demás extractos evaluados.

Cuadro 6. Severidad de tizón temprano (*A. solani*) en plantas de tomate

Tratamientos	Dosis/ha	Severidad 1 ^a Lectura	Severidad 2 ^a Lectura	Severidad 3 ^a Lectura
1 FULLCOVER O[®]	0.75 L	1.0 a	1.0 b	1.05 c
2 FULLCOVER O[®]	1.0 L	1.0 a	1.0 b	1.0 c
3 FULLCOVER O[®]	1.5 L	1.0 a	1.0 b	1.0 c
4 CLOROTALONIL	2.0 L	1.0 a	1.5 a	1.56 b
5 TESTIGO	--	1.0 a	1.7 a	3.05 a

Fitotoxicidad

Los tratamientos con Fullcover O[®] no mostraron fitotoxicidad alguna sobre las plantas, por lo que se considera que es segura la aplicación del fungicida orgánico con la dosis recomendada (1.5 L/ha). Para la combinación con otros agroquímicos es necesario hacer pruebas previas de compatibilidad.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en que se realizó la presente investigación podemos concluir que:

1. El fungicida Fullkover O[®] a la dosis de 1.5 L/ha presenta la menor incidencia de *Alternaria solani* en el cultivo del tomate.
2. El mayor porcentaje de eficacia sobre la incidencia de la enfermedad de *Alternaria solani* se observó con el fungicida Fullkover O[®]
3. El fungicida Fullkover O[®] en las tres dosis evaluadas muestra los menores índices de severidad que los obtenidos con el fungicida químico.
4. No se observó que el fungicida Fullkover O[®] indujera síntomas de fitotoxicidad en el cultivo de tomate.

LITERATURA CITADA

- Abad, M.J., M. Ansuategui y P. Bermejo. 2007. Active antifungal substances from natural sources. ARKAT ARKIVOC. 116-145 p.
- Abdel-Monaim, M. F.; Abo-Elyousr K. A. M., y Morsy, K. M. 2011. Effectiveness of plant extracts on suppression of damping off and wilt diseases of lupine (*Lupinus termis* Forsk). Crop protection, 30(2), 185–191.
- Abbott, W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of the insecticide. Journal of Economic Entomology. 18: 257,267.
- Agrios, G. 2002. Fitopatología. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. 98-109 pp
- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition. Elsevier, Inc. Burlington, Maryland, USA. 922 p.
- Abiodun Joseph, Efe-Imafidon Akere Ese, Benson Oluwafemi Ademiluyi and Patrick Ajibola Aluko, 2017. Efficacy of Selected Plant Extracts in the Management of Tomato Early Blight Disease Caused by *Alternaria solani*. *Asian Journal of Plant Pathology*, 11: 48-52
- Alkhail, A. A. 2005. Antifungal activity of some extracts against some plant pathogenic fungi. Pak. J. Biol. Sci. 8(3), 413-417
- Alonso, A. F. 2002. El cultivo de la papa. Editorial Mundi-Prensa. España. 229 p.
- Andrade, A.; Vigliocco, A.; Alemanno, S.; Miersch, O.; Botella, M. and Abdala, G. 2005. Endogenous jasmonates and octadecanoids in hypersensitive tomato mutants during germination and seedling development in response to abiotic stress. Seed Sci. Res. 309-318 Pp
- Andreu, C. M. y Gómez, J. R. 2008. Sanidad vegetal. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas”. Tomo I. Registro CENDA: Para soporte en papel o digital No. 2951 - 2008. 347 p.
- Ascencio, A.A., B.A. Lopez, E.f. Borrego, H.S.A. Rodriguez, O.A. Flores, D.F. Jimenez y V.A.J. Gamez. 2008. Marchitez del tomate: presencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en Culiacan, Sinaloa, Mexico. Rev. Mex. Fitopatol. 26:114-120

- Avanci, N., Luche, D., Goldman, G. and Goldman, M. 2010. Jasmonates are phytohormones with multiple functions, including plant defense and reproduction. *Gen. Mol. Res.* 484-505.
- Babu, S., Seetharaman, K., Nandakumar, R., Johnson, I. 2000. Propiedades fungicólicas de algunos extractos de plantas contra *Alternaria solani*, el patógeno del tizón foliar del tomate. p 21.
- Barnett, H.L. and Hunter, B.B. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Second ed. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. p.218.
- Bernal, C. A. y A. D. Armario. 2002. Impacto social de uso de plaguicidas en el mundo. Congreso Internacional Virtual Agropecuario. UNAM. Disponible en línea: <http://www.congresociva.UNAM.mx/PDR10.doc>
- Biggs, M. 2004. *El gran libro de las hortalizas*. RBA Integral. p.258
- Braun, U., Cook, R.T.A., Inman, A.J. and Shin, H.D. 2002. The taxonomy of the powdery mildew fungi. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 292p.
- Bravo, L.L. T. Bermudes y B. Montes. 2002. Inhibición de *Fusarium moniliforme* mediante polvos vegetales y algunos de sus componentes químicos. *Man. Int.* 57:29-34.
- Burril L. C., Cardenas L., y Locatelli E. 1977. *Manual de Campo para la Investigación en Control de Malezas*. Internacional Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA. p 7
- Camarena, G. y Torre, R. 2007. Resistencia sistémica adquirida en plantas: estado actual. *Rev. Chapingo Ser. Cienc. Forest. Amb.* 13(2):157-162.
- Castaño-Zacata J. y L. del Río Mendoza. 2005. *Guía para el Diagnóstico y Control de Enfermedades en Cultivos de Importancia Económica*. 3ra. Edición. Zamorano, Honduras: Zamorano Academic Press. 302 p
- Cavalcanti, L., Piero, R.; Cia, P., Pascholati, S., DeResende, M. y Romeiro, R. 2005. La inducción de resistencia de las plantas a los patógenos e insectos. FEALQ. Piracicaba. 11-153 pp

- Chávez, L.; Álvarez, A. y Ramírez, R. 2012. Apuntes sobre algunos reguladores del crecimiento vegetal que participan en la respuesta de las plantas frente al estrés abiótico. *Cultivos Tropicales*. 33:47-56.
- Chunmei, Z. and Zhi, H. 2013. Effects of endogenous abscisic acid, jasmonic acid, polyamines, and polyamine oxidase activity in tomato seedlings under drought stress. *Sci. Hortic.* 159:172-177
- Chunmei, Z. and Zhi, H. 2013. Effects of endogenous abscisic acid, jasmonic acid, polyamines, and polyamine oxidase activity in tomato seedlings under drought stress. *Sci. Hortic.* 159:172-177
- Cooke, D. E. L.; V. Young, P. R. J. Birch, R. Thoth, F. Gourlay and J.M. Duncan. 2003. Phenotypic and genotypic diversity of *Phytophthora infestans* populations in Scotiand. *Plant phys.* 52:181-192.
- Cruz, M.; Hernández, Y. y Rivas, E. 2006. Temas de ciencia y tecnología. Pp.45-54
- Paola Díaz Dellavalle, Andrea Cabrera, Diego Alem, Patricia Larrañaga, Fernando Ferreira and Marco Dalla Rizza. 2011. Antifungal activity of medicinal plant extracts against phytopathogenic fungus *Alternaria* SPP. *Chilean Journal of agricultural research*.
- Erwin, D.C. and Ribeiro, O.K. 1996. *Phytophthora* Diseases Worldwide. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 562p.
- Espinosa-Zapata, C. 2004. Producción de jitomate en invernadero. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura, Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coah., México. 43p.
- FAO. 2014. El Cultivo del Tomate con Buenas Prácticas Agrícolas en la Agricultura Pp.24-35
- Fernández-Pavía, S.P., Rodríguez-Alvarado, G. y Fernández-Pavía, Y.L. 2008. Enfermedades forestales de cultivos agrícolas en el estado de Michoacán. *Biológicas*. Vol.10:28-38 Pp. Ficha técnica
- Fernández-Pavía, S.P., Rodríguez-Alvarado, G., Garay-Serrano, E., Belmar-Díaz, C.R, Flie, W. y Lozoya Saldaña H. 2005. Caracterización de aislamientos

- de *Phytophthora infestans* provenientes de Michoacán, México. Revista Mexicana de Fitopatología. Vol. 23:191-197 Pp.
- FIRA (Financiera Rural). 2017. Monografía Tomate Rojo. México D.F. p 19
- Fonseca, F.; Chico, J. and Solano, R. 2009. The jasmonate pathway: the ligand, the receptor and the core-signalling module. Current Opinion in Plant Biology. Vol.12:539-547 Pp
- Gaber, B.; Wiebe, W. 2001. Enfermedades del tomate. Guía Práctica para Agricultores. Peto Seed Company. 61 p.
- García, M. S., y Ruíz, M. G. 2005. Las MAP cinasas: Elementos de señalización en la defensa de las plantas contra patógenos. Revista de Educación Bioquímica. Vol.24. 4–11 Pp.
- García, E.R., P.M. Cordobilla, S.M. Vega y B.B. Tlaltal. 2007. Alelopatía y control de enfermedades del Tomate. Colegio de postgraduados. Avances en la investigación. 72-74 p.
- Georghiou G. P. 1990. Overview of insecticide resistance. En: Managing resistance to agrochemicals. (M. B. Green, H.MLeBaron y W.K Moberg, Eds.) American Chemical Society, Washington, pp 18–41.
- Gómez, D. y Reis, E. 2011. Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos. Rev. Química Viva. 1:1
- Guevara, Y., Maselli, A., Sánchez, M., 2004. Los extractos acuosos vegetales en el control de bacterias Fitopatógenas. Investigadoras. FONAIAP.123 p.
- Howard, R. 2005. Management of major greenhouse vegetable diseases. Canadian Greenhouse Conference. Greenhouse Canada. Toronto, Ontario, Canada.135 p
- Jones, J. B.; Stall, R.E.; Zitter, T. A. (2007) Compendium of tomato diseases, Third printing. Pag. 73
- Jones, J.B., Jones, J.P., Stall, R.E. and Zitter, T.A. 1991. Compendium of Tomato Diseases. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 73 p.
- Jordan, M. y Casaretto, J. 2006. Hormonas y reguladores del crecimiento: etileno, ácido abscísico, brasinoesteroides, poliaminas, ácido salicílico y ácido

- jasmónico. Fisiología Vegetal. Ediciones Universidad de la Serena, La Serena. 16 p
- Kiss, L., Cook, R.T A., Saenz, G S., Cunnington, J H., Takamatsu, S., Pascoe, I., Bardin, M., Nicot, P C., Sato, Y. and Rossman, A.Y. 2001. Identification of two powdery mildew fungi, *Oidium neolycopersici* sp. nov. and *O. lycopersici*, infecting tomato in different parts of the world. Mycological Research. Vol. 105:684-697Pp.
- Kiss, L., Takamatsu, S. and Cunnington, J.H. 2005. Molecular identification of *Oidium neolycopersici* as the causal agent of the recent tomato powdery mildew epidemics in North America. Plant Disease Vol 89:491-496 Pp.
- Kuc, J. 2001. Concepts and direction of induced systemic resistance in plants its application. Eur. J. Plant Pathol. 107:7-12
- Legard, D.E., Lee, T.Y. and Fry, W.E. 1995. Pathogenic specialization in *Phytophthora infestans*: Aggressiveness on tomato. Phytopathology Vol.85:1356-1361 Pp.
- Leroux, P. 2003. Mode of action of agrochemical towards plant pathogens. Comp. Rend. Biolog. 326:9-21
- Leslie, J.F. and Summerell, B.A. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing. 388p.
- Lumba, S. and Cutler, S. 2010. Plant nuclear hormone receptors: a role for small molecules in protein-protein interactions. Annu. Rev. Cell. Dev. Biol. 26:445-469 Pp.
- Maroto, J. V. 2000. Horticultura herbácea especial. Mundi-Prensa, Madrid. 216 p
- Molina, A. y Rodríguez, P. 2008. Resistencia sistémica inducida: una herramienta bioecológica. II Conferencia internacional sobre eco-biología del suelo y el compost. 43 pp.
- Montes, B.R., C.V. Cruz, M.G. Martínez y M.M. Carvajal. 2000. Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectivo de investigaciones. Rev. Mex. Fitopatol. Vol.18:125-131 Pp
- Muñoz, R.J.J. 2009. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. Manual de producción de tomate en invernadero. Editorial Intagri. México. 458 p.

- Naeini, A.; Ziglari, T.; Shokri, H., y Khosravi, A. R. 2010. Assessment of growth-inhibiting effect of some plant essential oils on different *Fusarium* isolates. *Journal de Mycologie Médicale/Journal of Medical Mycology*, 20(3), 174–177
- Nehal S. El-Mougy. 2009. Effect of some essential oils for limiting early blight (*Alternaria solani*) development in potato field. *Jour Plant Protection Research*. 2009. Vol.49 (1):58-62 Pp.
- Nuez, Fernando. 1995. El Cultivo del Tomate. Ediciones Mundi-Prensa, España, Barcelona: 15- 41, 45-87, 95-128, 191-203, 229-239, 254-308, 313-348, 627-659, 673-663, 743-766.
- Pérez L, García A. 2005. Enfermedades fungosas y bacterianas de la papa: descripción, epidemiología y manejo. En: Estévez, A (Ed.) El cultivo de la papa en Cuba. Ediciones INCA. La Habana. 338-480 Pp.
- Pérez, J., Hurtado, G., Aparicio, V., Argueta, Q., Larín, M. (n.d.) Guía Técnica. Cultivo de Tomate. CENTA, El Salvador, 47 p.
- Pieterse, M. and Loon L. 2004. *Opinion Plant Biol.* Vol.7:456-464 Pp
- Portillo, H.A.I. 2005. Aislamiento y purificación de extractos de *Cestrum nocturnum* por cromatografía y evaluación de su efecto antifúngico en *Fusarium* spp. Tesis de licenciatura. Universidad veracruzana. 180 p.
- Ramirez, L.M.R. Y C.J.L. Jacobo. 2002. Impacto ambiental del uso de plaguicidas. *Rev.Mex. Fitopatol.* Vol.20:168-173 Pp
- Ramírez-Villapudua, J. y Sáinz-Rodríguez, R. A. 2002. Enfermedades y Plagas del Cultivo del Tomate. Agrobiológica, Culiacán, Sinaloa, México. Difusión. 65 p.
- Rangel, G.; Castro, E.; Beltran, E.; Reyes H y García E. 2010. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. *Biológicas*. Vol.12:90-95.Pp
- Rao, M.; Lee, H.; Creelman, R.; Mullet, J. and Davis, K. 2000. Jasmonic acid signaling modulates ozone-induced hypersensitive cell death. *The Plant Cell*. Vol.12:1633-1646 Pp.

- Rey, M.; Delgado-Jarana, J.; Rincón, A. M.; Limón, M.A..2000. Mejora de cepas de *Trichoderma* para su empleo como funguicidas. Revista Iberoamericana de Micología, Bilbao, Vol.17, p.S31-S36.
- Riveris, A. 2010. Inducción de resistencia en plantas. Interacción plantapatógeno. Universidad de Tolima. 261 p
- Rodriguez V. 2002. Efecto antagónico y biocontrolador de algunos microorganismos saprófitos contra *Rhizoctonia solani* un fitopatógeno causante del (Damping off) en plantas de tomate. Tesis para optar el grado de Magíster en Microbiología - Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 2002. 105 p.
- Rojo, E.; Solano, R. and Sanchez, J. 2003. Interactions between signaling compounds involved in plant defense. J. Plant Growth Reg. 22:82-98
- Ryan, C. 2000. The systemin signaling pathway: differential activation of plant defensive genes. Biochimica et Biophysica Acta 1477. 112-121.
- SAGARPA. 2010. Jitomate. Monografía de Cultivos. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios. México D.F. Pp 27-30
- Salisbury, F. and Ross, C. 1992. Plant physiology. Wadsworth Publishing Company. Fourth Edition, California, USA.321 p.
- Schillmiller, A. and Howe, G. 2005. Systemic signaling in the wound response. Current Opinion in Plant Biol. Vol.8:69-77Pp.
- Sordani, M. 2002. Characterization of *Alternaria solani* Sorauer species groups associated with core rot apples in South Africa en Mycological 151:184-189.
- Ting, L.; Kun, M.; Hong-Li, M.; Yang, L.; Ling, L. and Yang, H, 2014. Jasmonic acid enhancement of anthocyanin accumulation is dependent on phytochrome a signaling pathway under far-red light in Arabidopsis. Bioch. Biophy. Res. Comm. Vol.1:78-83 Pp.
- USDA. FAS. 2015. GAIN Report Number MX5024. "Mexican Tomato Production Up Slightly". Global Agricultural Information Network, 6/8/2015 22 p
- USDA. FAS. 2016. GAIN Report Number MX6021. "Mexican Continues to Expand Greenhouse Tomato Production". Global Agricultural Information Network, 6/1/2016. 18 p

- USDA. National Agricultural Statistics Service (NASS). 2017. Vegetables. Summary. February 2017.23 p.
- Vaillant, F.D.,C.C.,Romeu,R.E. Ramos y P.G. González. 2009. Efecto inhibitorio in vitro de cinco monoterpenos de aceites esenciales sobre aislados de *Rhizoctonia solani* en papa . Fitosan. 13:197-200
- Vallad, G. and Goodman, R. 2004. Systemic Acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. Crops Sci. 44:1920-1934.
- Wasternack, C. 2007. Jasmonates: anupdate on biosynthesis, signal transduction and action in plant stress reponse. Growth and development. Ann. Bot. Vol. 100:681-697 Pp.
- Wasternack, C. y Hause B, 2002. Jasmonates and octadecanoids: signals in plant stress responses and development. Progress in nucleics acid. Res. Mol. Biol. Vol.72:165-221 Pp
- Yánez. J., 2008. Alternativas para el control de enfermedades y plagas del Tomate. Ediciones Mundi Prensa. Madrid-España. p 23.
- Yhan, G.; Ying, Y.; Xiao, H.; Yu, C. and Jian, W. 2013. Imaging of jasmonic acid binding sites in tissue. Analy. Biochem.Vol. 205-211Pp

Citas electrónicas

- .
Calleja R., P. 2009. El Tomate Terapéutico. En: www.infoagro.com/noticias/2009/3/5562
- Comisión Nacional de Buenas Prácticas agrícolas. 2008. Especificaciones técnicas de Buenas Prácticas Agrícolas en cultivo de hortalizas. http://www.buenaspracticas.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=45&Itemid=120
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad). 2017. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/usos/alimentacion/tomate.html>
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad). 2016. Disponible en:

https://www.biodiversidad.gob.mx/genes/centrosOrigen/Physalis/Validacion/informe_final_Physalis.pdf

Chávez, B.A. 2008. Boletín: Extractos vegetales con efecto fungicida, insecticida o nematocida. Ministerio de agricultura y ganadería. Agencia de servicios agropecuarios de coronado. Disponible en línea
:<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00146.pdf>

FAO. 2017. Cultivo de tomate rojo y verde. Disponible en:
<http://www.fao.org/docrep/019/i3359s/i3359s.pdf>

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2017. Disponible en:
www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publigto/TOMATE%20DE%20CASCARA.pdf

SAGARPA. 2016. Estudio de Oportunidades de Mercado e Inteligencia Comercial y Estudio de Logística Internacional de TOMATE. 05.08.2016.
http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documents/estudios_promercado/tomate.pdf

SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera).2017.Disponible en:
<http://www.siap.gob.mx> . Revisado 28/09/2017.

www.canadiangreenhouseconference.com/talks/2005/2005-Tk-Howard.pdf

www.sunseeds.com/uploads/VarietyTechReports/sun7705_spanish

APENDICE

Cuadro 1 A Análisis de varianza de primera lectura para la incidencia de la enfermedad en plantas de tomate.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr>f
Modelo	7	5160.000000	737.142857	3.63	0.0246
Error	12	2440.000000	203.333333		
Total correcto	19	7600.000000			

CV 31.83290

Cuadro 2 A Análisis de varianza de segunda lectura para la incidencia de la enfermedad en plantas de tomate.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	f-valor	Pr>f
Modelo	7	5080.000000	725.714286	16.75	<0.0001
Error	12	520.000000	43.333333		
Total correcto	19	5600.000000			

CV 10.20621

Cuadro 3 A Análisis de varianza de tercera lectura para la incidencia de la enfermedad en plantas de tomate.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	f-valor	Pr>f
Modelo	7	5020.000000	717.142857	17.93	<0.0001
Error	12	480.000000	40.000000		
Total correcto	19	5500.000000			

CV 8.036824

Cuadro 4 A Análisis de varianza de primera lectura para la severidad de la enfermedad en plantas de tomate.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr>f
Modelo	7	0.000000	0	.	.
Error	12	0.000000	0		
Total correcto	19	0.000000			

CV 0

Cuadro 5 A. Análisis de varianza de segunda lectura para la severidad de la enfermedad

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr>f
Modelo	7	1.90100000	0.27157143	18.95	<.0001
Error	12	0.17200000	0.01433333		
Total correcto	19	2.07300000			

CV 10.71903

Cuadro 6 A. Análisis de varianza de tercera lectura para la severidad de la enfermedad en plantas de tomate.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr>f
Modelo	7	12.46587500	1.78083929	44.94	<.0001
Error	12	0.475500000	0.03962500		
Total correcto	19	12.94137500			

CV 12.22947