

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Efecto de la Aplicación de Fosfitos en el Comportamiento de *Solanum lycopersicum* L. Inoculado con Virus Rugoso Marrón del Tomate (ToBRFV) Bajo Condiciones de Invernadero.

Por:

ALEXANDRO CONSTANTINO AGUILAR GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Efecto de la aplicación de Fosfitos en el Comportamiento de *Solanum lycopersicum* L. Inoculado con Virus Rugoso Marrón del Tomate (ToBRFV) Bajo Condiciones de Invernadero.

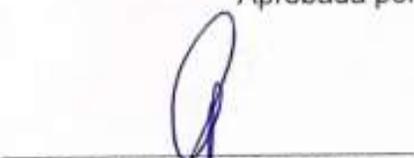
Por:

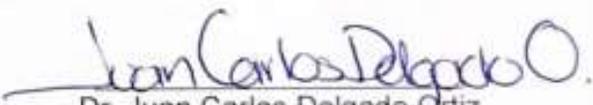
ALEXANDRO CONSTANTINO AGUILAR GARCÍA

TESIS

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dra. Yisa Ochoa Fuentes
Asesor Principal Interno


Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz
Asesor Principal Externo


Dr. Epifanio Castro del Ángel
Coasesor


Dra. Mariana Beltrán Beache
Coasesor


Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coordinador Interino de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo 2023

Derechos de Autor y Declaración de no Plagio

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar, o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición, o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Pasante



Alexandro Constantino Aguilar

García

Nombre y Firma

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por darme la oportunidad de haber logrado llegar hasta este punto en mi vida, por iluminar y guiar mi camino todo el tiempo que estuve fuera de mi hogar y lejos de mi familia, con el propósito de hacer realidad este sueño, infinitamente gracias *Señor*.

A MI ALMA TERRA MATER

Por acogerme durante estos largos años que con sacrificio y esfuerzo me brindo los pilares y las bases para ser un profesionista recto y dedicado enfocado al crecer y fortalecimiento del sector agrícola y el campo mexicano.

COMITÉ DE TESIS

Al asesor quien contribuyo en brindarme su sincera amistad y apoyo durante todo este tiempo **Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz** gracias por compartir conmigo sus conocimientos y enseñanzas para hacer posible la culminación de este trabajo sin su ayuda no lo hubiera logrado.

AMIGOS

A todos mis amigos que hicieron que mi estancia por la universidad fuera inolvidable **Anziel Aguilar, Reyes castillo, Javier Flores, Agustín Torres, Albino Cruz, Cesar Torres, Odalis Ortiz, Yabin Cortez, Balamquitze Mejía, Manuel López, Mario Flores, Mario Escamilla, Marco Ramírez, Manuel Becerra**, así como a: **Fernando Ramírez, Armando Elizalde, Eloy Reyes**, Gracias por su amistad incondicional.

DEDICATORIA

Con todo mi amor y cariño a las personas que más admiro y respeto en la vida.

A mis Padres **Sr. CORNELIO AGUILAR PERALTA y**

Sra. ADRIANA GARCIA VIDAL

Gracias por brindarme su amor, cariño, comprensión, pero sobre todo su apoyo emocional, espiritual y económico, por enseñarme que todo en esta vida con esfuerzo y dedicación se puede lograr, este triunfo también es de ustedes, los amo papás.

A MIS HERMANOS

CITLALI GUADALUPE AGUILAR GARCÍA

Sé que hemos vivido momentos difíciles más sin en cambio nunca he dejado de contar con tu apoyo, gracias por enseñarme a levantarme y seguir luchando por mis sueños este logro también es tuyo, te quiero mucho hermanita.

JONEY ALESSANDRO AGUILAR GARCIA

Al más pequeño de la familia, aunque ha sido poco el tiempo que eh pasado contigo me has enseñado que por más difícil que se la situación siempre hay que sacarle la mejor sonrisa a la vida, gracias por ser tú el impulso y motivación de nuestra familia de igual forma te quiero muchísimo hermano.

A MIS ABUELOS

Constantino Aguilar, Eladia Peralta y Bonifacia Vidal gracias por confiar en mí, por estar con mi familia en las buenas y en las malas nunca tendré palabras para agradecerlos.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA.....	IV
INDICE DE CONTENIDO.....	V
INDICE DE CUADROS	VII
INDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO	2
1.2. HIPOTESIS	2
1.3. JUSTIFICACION	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Importancia del cultivo de tomate en México	3
2.2. Generalidades del cultivo	4
2.3. Clasificación taxonómica del tomate	5
2.4. Descripción botánica.....	5
2.5. Principales plagas en el cultivo de tomate	6
2.5.1. Mosca blanca.....	6
2.5.2. Paratrioza <i>Bactericera cockerelli</i>	8
2.5.3. Minador de la hoja <i>Liriomyza</i> spp.	9
2.5.4. Polilla del tomate <i>Tuta absoluta</i>	10
2.5.5. Gusano alfiler <i>Keiferia lycopersicella</i>	11
2.5.6. Araña roja <i>Tetranychus urticae</i>	12
2.6. Enfermedades fungosas en el cultivo de tomate.....	13
2.6.1. Tizón tardío <i>Phytophthora infestans</i>	13
2.6.2. Marchitez vascular <i>Fusarium oxysporum</i>	14
2.6.3. Tizón temprano <i>Alternaria solani</i>	15
2.6.4. Cenicilla polvorienta <i>Leveillula taurica</i>	16
2.7. Enfermedades Bacterianas en el cultivo del tomate	17
2.7.1. Cáncer Bacteriano <i>Clavibacter michiganensis</i>	17
2.7.2. Necrosis de la médula del tomate <i>Pseudomonas corrugata</i>	18
2.7.3. Costra Bacteriana <i>Xanthomonas campestris</i>	19
2.8. Enfermedades causadas por virus en el cultivo del tomate	19

2.9.	Virus Rugoso Marrón del Tomate (ToBRFV)	20
2.9.1.	Sintomatología del Virus Rugoso Marrón del Tomate	25
2.9.2.	Introducción a México	26
2.9.3.	Mecanismos de transmisión	28
2.9.4.	Manejo de ToBRFV	28
2.9.5.	Inductores de resistencia	29
III.	MATERIALES Y METODOS	31
3.1.	Ubicación del experimento	31
3.2.	Sitio de colecta	31
3.3.	Diagnóstico con tiras inmunológicas para TMV	32
3.4.	Desarrollo de plántula	32
3.5.	Extracción del ToBRFV para inoculación	33
3.6.	Inoculación	34
3.7.	Aplicación de tratamientos	34
3.8.	Variables a evaluar	35
3.9.	Extracción de ARN y amplificación por RT-PCR	37
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1.	Detección con tiras inmunológicas	40
4.2.	Severidad	40
4.3.	Confirmación de infección por RT-PCR	42
4.4.	Parámetros agronómicos	43
4.4.1.	Diámetro de tallo	43
4.4.2.	Peso fresco de la raíz	43
4.4.3.	Peso fresco de la Planta	44
4.4.4.	Altura de la Planta	45
4.4.5.	Determinación de clorofila (Unidades SPAD)	46
4.4.6.	Contenido de Nitrógeno	47
4.4.7.	Número de Frutos	47
V.	CONCLUSIONES	48
VI.	REVISIÓN DE LITERATURA	49

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Reportes a nivel mundial del virus de la fruta rugosa marrón del tomate (ToBRFV).....	22
Cuadro 2. Reporte de ToBRFV en diferentes cultivares dentro de la República Mexicana.....	27
Cuadro 3. Escala de severidad basada al grado de afectación por ToBRFV.....	37
Cuadro 4. Comparación de análisis de medias de ABCPE.....	42
Cuadro 5. Comparación de análisis de medias de DT (diámetro de tallo) PFR (peso fresco radicular) y PFP (peso fresco de la planta).....	45
Cuadro 6. Comparación de análisis de medias de ALTP (altura de la planta) CLF (fluorescencia clorofílica), N (concentración de nitrógeno) y NF (número de frutos).	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sintomatología de ToBRFV en Tomate tomada por Alexandro Aguilar en Invernaderos del estado de Morelos. A) Clorosis marcada en zonas apicales, B) aparición de mosaicos en foliolos, C) reducción de lámina foliar, D) deformación de fruto, E) aparición de ámpulas o tumores de color verde oscuro.	26
Figura 2. Presencia de ToBRFV en invernaderos ubicados en el Estado de Morelos.	31
Figura 3. Tiras inmunológicas agdia para detección de TMV.	32
Figura 4. A) Plántula de tomate variedad Rio grande, B) mezcla de peat moos y perlita, C) llenado de maceta con el sustrato, D) trasplante de plántula, E) Distribución de los diferentes tratamientos.	33
Figura 5. A) Reactivos utilizados para la preparación de solución amortiguadora, B) ajuste de PH a un rango de 7.2-7.4 C) macerado de la muestra con síntomas de ToBRFV, D) macerado con contenido de partículas virales de ToBRFV.	34
Figura 6. A) Aplicación del abrasivo carborundo, B) inoculación de ToBRFV en cada unidad experimental.	34
Figura 7. A) preparación de los tratamientos a las dosis recomendadas, B) aplicación de reactivos.	35
Figura 8. Procedimiento RNeasy Plant Mini Kit.	39
Figura 9. Tiras inmunológicas marca Agdia®, EE. UU. utilizadas para detección de TMV.	40
Figura 10. A) Ámpulas color verde oscuro, B) Reducción de lámina foliar, C) Enchinamiento, D) Achaparramiento.	41
Figura 11. Gel de agarosa para la detección del ToBRFV. M: Marcador de peso molecular, T-: testigo negativo, FK: Fosfito de potasio, FCa: Fosfito de calcio, FCu: Fosfito de cobre, ASM: Acetil- S-Metil, T+: Testigo positivo, C+: Control negativo.S-Metil, T+:Testigo.	43

RESUMEN

Esta investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México. Dicha investigación tuvo por objetivo determinar la efectividad de diversas fuentes de fosfitos (Ca, Cu y K), además de un activador comercial cuya composición principal es Acibenzolar-S-Metil, se activó el virus mediante técnicas de laboratorio para posteriormente fue inoculado a plántulas de tomate sanas en campo.

Una vez inoculado el virus se inició la aplicación de los diferentes tratamientos de fosfitos a 2 L/ha y el Acibenzolar-S-Metil (30 gr/ ha) a evaluar, tomando lecturas semanales de severidad, unidades SPAD y nitrógeno, con el fin de poder determinar la efectividad de cada uno de estos en la reducción de daño o diseminación del patógeno ante el cultivo, además de ello también se determinaron diferentes parámetros agronómicos, para poder estimar la eficiencia contra el Virus Rugoso Marrón del Tomate en el desarrollo de las plantas.

Los resultados de esta investigación arrojan que FK redujo los niveles de severidad en plantas inoculadas artificialmente con Virus Rugoso Marrón del Tomate de igual forma el tratamiento destaca en los parámetros peso fresco de la planta (PFP), altura de la planta (ALTP) y número de frutos (NF), por otra parte, el tratamiento FCa destacó al tener un comportamiento favorable en los parámetros peso fresco de la raíz (PFR), diámetro de tallo (DT), clorofila (CLF) y contenido de nitrógeno (N)

INTRODUCCIÓN

El tomate como cultivo es uno de los más importantes de México y el mundo esto por ser parte fundamental en la alimentación del ser humano debido a su alto contenido de vitaminas, minerales y antioxidantes (SADER, 2022). En México se estima que para el ciclo agrícola otoño-invierno 2022 se establecieron 22,755 hectáreas sembradas de este cultivo de las cuales se obtuvo una producción de 862 mil 557 toneladas, siendo el estado de Sinaloa el principal productor de esta hortaliza con un volumen total de 536,829 toneladas seguido por el estado de Baja California Sur con 51,988 toneladas y ocupando el tercer lugar el estado de Sonora con sus 43,370 toneladas producidas (SADER, 2022).

Debido a la gran importancia que toma este cultivo en el sector económico es así la atención que todo productor le dedica a ello, por tal motivo la identificación de plagas y enfermedades se hace un papel fundamental para obtener buenos resultados y una óptima producción (FAO, 2021).

Las enfermedades virales en el cultivo de tomate desde siempre han sido difíciles de manejar, esto debido a la evolución de nuevas cepas de virus ya existentes o la aparición de otros nuevos. Los virus causan un sinnúmero de problemas debido al gran potencial que poseen de adaptarse al medio bajo presiones de selección natural, de igual manera el tener una alta capacidad de desarrollarse dentro de un gran número de cultivos hortícolas favorece que su control sea limitante o nulo (Nolasco *et al.*, 2020)

Desde su establecimiento todas las plantas se encuentran expuestas a condiciones adversas ya sean bióticas o abióticas, así como también a la presencia de agentes patógenos que en conjunto llegan a causar alteraciones fisiológicas que pueden llegar a poner en riesgo la vida productiva de los cultivos. Cabe destacar que por ello las plantas cuentan con mecanismos internos de defensa, pero no siempre se encuentran activos o listos para enfrentarse a aquellos patógenos, para llegar a este suceso se necesita de algún elicitador cuya función será inducir la producción de

fitoalexinas compuestos que harán que la infección del patógeno sea nula o parcial (Wiesel, *et al.*, 2014).

1.1. OBJETIVO

Evaluar la efectividad de diferentes fuentes de fosfitos como inductores de resistencia para el manejo de Virus Rugoso Marrón del Tomate

1.2. HIPOTESIS

Se espera que al menos uno de los tratamientos evaluados de las diversas fuentes de fosfitos y la molécula Acibenzolar-S-Metil retrase el desarrollo y/o reduzcan el nivel de daño ocasionado por el patógeno ToBRFV, agente causal del Virus Rugoso Marrón del Tomate.

1.3. JUSTIFICACION

Determinar la efectividad de diferentes fuentes de fosfitos y la molécula Acibenzolar-S-Metil, como inductores de resistencia en Virus Rugoso Marrón del Tomate para el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero.

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia del cultivo de tomate en México

El cultivo de jitomate o tomate rojo como también es conocido ha tomado una alta importancia debido a sus estándares de producción y altos niveles de demanda nacional e internacional. México se ha convertido en el principal exportador de tomate fresco en todo el mundo siendo América del norte y países de Europa sus principales consumidores (Agricultura en México , 2015).

Año con año la producción de este producto va en aumento por ello para el ciclo agrícola otoño-invierno 2022 se estimó una superficie de siembra de 22,755 hectáreas con un volumen de cosecha 862,557 toneladas, siendo los estados de Sinaloa, Baja California Sur, Sonora, Michoacán, Chiapas, Querétaro, Oaxaca y Morelos con mayor superficie y volumen de producción, por otra parte el país ha destacado no solo por el volumen de exportación que tiene si no por la capacidad de producir diferentes variedades de tomate dentro de las cuales destacan tomate tipo Saladette, Cherry, tipo Pera y Bola (Agricultura en México , 2015).

México ha llegado a obtener estos resultados no solo por las grandes extensiones de superficies sembradas en todo el territorio nacional, si no que esto se refleja en la gran inversión tecnológica que ha ido adquiriendo durante los últimos años, utilizando herramientas para obtener productos de la más alta calidad tales como materiales genéticos resistentes a plagas y enfermedades así como también la utilización de estructuras de protección como invernaderos dentro de los cuales se tiene completamente manipulados factores como, temperatura, humedad relativa, concentración de CO₂ y radiación así como también el uso de sistemas de riego por goteo, fertirriego y acolchados, que en conjunto nos dan los altos rendimientos posiblemente tres veces mayor al cultivar a cielo abierto (Figuroa *et al.*, 2005).

Dentro de la alimentación diaria de cada persona 8 de cada 10 platillos contienen tomate esto debido a su alto potencial en contenido de vitaminas, minerales y antioxidantes, que englobados dan resultados beneficiosos para la salud de quien

lo consume mejorando así la calidad de vida de estos. Se estima que cada mexicano consume entre 14 y 15 kg de este alimento por año (SADER, 2022).

Una de las propiedades más importantes dentro del contenido de esta hortaliza es el licopeno, el cual es una sustancia química de origen natural cuya función dentro de esta es la pigmentación. El licopeno como propiedad benéfica para la población ayuda a la prevención de cáncer, enfermedades cardiovasculares, hipertensión y enfermedades neurodegenerativas (Martinez, 2021).

2.2. Generalidades del cultivo

El tomate (*Solanum lycopersicum L.*) es miembro de la familia de las solanáceas, planta cuyo origen nativo pertenece a América tropical siendo más específico en la región de los Andes, que actualmente está comprende los países de Ecuador, Chile, Colombia, Bolivia y Perú, debido a que allí se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancia silvestre de esta planta (León, 1980).

Históricamente México ha sido catalogado como principal centro de distribución y domesticación del tomate debido a la antigüedad que tiene el fruto pues se cree que creció como maleza dentro de los cultivos indígenas pertenecientes a la civilización azteca (León, 1980).

El consumo de tomate en nuestro país remota por allá del siglo XVI cultivado por los aztecas hasta la llegada de los españoles, se manifiesta que la planta fue llevada y comercializada como alimento medicinal al país de Sevilla donde muchos herbolarios descubrieron sus propiedades curativas para algunas enfermedades no obstante fue hasta el siglo XVIII cuando por fin la planta fue llevada a su transformación de planta silvestre a ingrediente medicinal, la palabra tomate viene del término azteca "tomatl" cuyo significado es "fruta inchada" alusión descriptiva a la morfología de la fruta, en tanto a la planta fue señalada por los aztecas como "xitomate" o "xitotomate" términos que fueron utilizados hasta 1695 por todos los viajeros botánicos. En México la región varietal donde se encuentra la mayor

diversidad de esta planta se ubica en la zona Veracruz-Puebla siendo este punto de origen y centro de distribución para el mundo (Cruz *et al.*, 2023)

2.3. Clasificación taxonómica del tomate (Muñoz, 1995)

Desde hace tiempo ha existido una controversia sobre el nombre científico del tomate. En el año de año 1881, Philip Millar lo ubicó en el género *Lycopersicum* y lo denominó *Lycopersicum esculatum* pero anteriormente en 1753 Carlos Linneo, científico, naturalista y botánico de origen sueco, considerado como el padre de la clasificación taxonómica ya había clasificado a el tomate en el género *Solanum* asignándole el nombre científico de *Solanum lycopersicum* L. En la actualidad la evidencia genética del tomate respalda la clasificación taxonómica de Linneo (Escobar & Lee, 2009).

Clase..... Dicotyledoneas

Orden.....Solanales (personatae)

Familia.....Solanceae

SubfamiliaSolaniodeae

Tribu.....Solaneae

GeneroSolanum

Especielycopersicum

2.4. Descripción botánica

El sistema radicular está constituido por raíces primarias, secundarias y adventicias, generalmente las raíces de la planta difieren en relación a cómo se establece en campo, para aquellas cuya plantación fue de forma directa suelen ser pivotantes y con poca profundidad, sin embargo, aquellas que hayan sido por medio de trasplante suelen ser más superficiales y muy ramificadas (Jamarillo & Arias, 1997).

El tallo es la parte fundamental de la planta, en el da inicio el desarrollo de hojas flores y frutos, su tamaño dependerá del tipo de variedad con que se trabaje este puede ser determinado (crecimiento limitado) o indeterminado (el tallo no detiene su crecimiento), dentro de las zonas axilares se originan brotes o tallos secundarios los cuales deben ser eliminados para no limitar el crecimiento oportuno de la planta (Berenguer, 2003). Las hojas suelen ser compuestas e imparipinnadas, generalmente están recubiertas por una fina capa de pelos glandulares, los folíolos suelen ser peciolados, lobulados y con un borde dentado (Rodríguez *et al.*, 2001). Sus flores son de tipo pentámeras o hexámeras, casi siempre de color amarillo brillante, debido a que el tomate pertenece al grupo de plantas hermafroditas sus flores son de tipo bisexual en forma de racimo simple, dicho lo anterior el número de flores que éste contenga dependerá mucho de la variedad de tomate, este puede ser del tipo Saladette, Grape, Cherry, Bola (León, 1980). El fruto del tomate es una baya su forma, así como también su tamaño es muy variable, su estructura está compuesta por lóculos, el número de este estará sujeto al tipo de variedad del fruto. Su color va de amarillo, rosado hasta rojo, esto debido a la presencia de compuestos químicos tales como licopeno y carotenoides (Jamarillo & Arias, 1997). La semilla es ovalada y ligeramente aplanada, con unas dimensiones promedio de 3.5 milímetros de longitud. Su estructura comprende un embrión, un endospermo y una cubierta seminal o testa (León, 1980).

2.5. Principales plagas en el cultivo de tomate

2.5.1. Mosca blanca

Es una plaga polifitófaga primaria para el cultivo de tomate es considerada la más importante a nivel mundial debido a que es capaz de ser vector y trasmisor de un gran número de enfermedades principalmente de tipo viral, teniendo como consecuencia pérdidas totales de cosecha, por ello la plaga se hace responsable de la aplicación constante de insecticidas de tipo químico u orgánico (Rodríguez, Tabares, & Medina, 2001).

En México se tiene registradas 3 principales especies *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabacii* y *Bemisia argentifolii* las cuales afectan directa e indirectamente al cultivo del tomate y tanto a sistema de producción en invernadero como a cielo abierto (Carapia *et al.*, 2017). Llevar a cabo la identificación y diferenciación de las diferentes especies de mosca blanca en campo no es sencillo debido a que su morfología es muy parecida, entretanto a nivel laboratorio podemos decir que la diferencia principal entre una y otra especie son las características del cuarto estado larvario y su envoltura pupal, mientras que en el caso de los adultos su diferenciación puede observarse en la posición de las alas, el tipo de ojos y la presencia de pelos mesotibiales en las patas. Dentro de la especie *Trialeurodes vaporariorum* se puede decir que los adultos miden 2mm de largo, la especie posee dimorfismo sexual siendo la hembra más grande que el macho, su color es amarillo para todo el cuerpo a excepción de las alas las cuales son blancas cubiertas por un polvillo fino ceroso. El ciclo biológico para esta especie es de 28 días pues contempla una metamorfosis completa (huevo, ninfa, pupa y adulto) que llega a completarse a temperaturas promedio que van de 20 a 22 °C por otra parte el desarrollo del individuo por debajo de estos rangos de temperatura tiende a ser más prolongado (Estay, 2018). Para el caso de *Bemisia tabaci* es otra de las especies de mayor importancia pues su distribución se encuentra en todo el mundo afectando a más de 600 especies contempladas en 74 familias de plantas cultivadas, así como también de tipo silvestre (Secker *et al.*, 1998).

Los adultos miden entre 1-3 mm de tamaño los cuales son cubiertos por un polvillo ceroso de color blando, las hembras de esta especie llegan a ovipositar entre 100-150 huevos, en la mayoría de sus hospederos son colocados en el envés de las hojas con el fin de brindarles protección durante todo su ciclo, en muchas ocasiones es posible observar todo el ciclo biológico del individuo en un mismo foliolo, la temperatura óptima para poder completar su ciclo oscila entre rangos de 25 y 30°C pero a temperaturas inferiores a 16°C la población se desestabiliza y en consecuente disminuye (Suárez & Bolaño, 1999). *Bemisia argentifolii* o también reconocida como mosca de la hoja plateada, las poblaciones de este individuo son un biotipo de la especie *Bemisia tabaci* capaz de afectar de igual manera a más de

600 especies de plantas en todo el mundo. Los mayores números de estas se encuentran en las familias Cruciferae, Cucurbitaceae, Solanaceae, Leguminosae, entre otras (Brown, 1993). El tamaño de los adultos mide entre 0.8 a 1.2 mm, mientras que su cuerpo es de color amarillo con tonalidades pálidas, en tanto al color de las alas son de tonalidad blanca, las hembras llegan a ovipositar entre 50-400 huevos en el envés de las hojas la fertilidad de los huevos decidirá el sexo que el individuo llegara a tener, el ciclo biológico de la plaga dura entre 17 y 21 días en condiciones calientes, mientras a que a temperaturas inferiores los huevos pueden no emerger y morir (Nuez et al.,1995).

La plaga contempla dos tipos de daño los directos e indirectos, a lo que engloba los directos tenemos que el insecto al alimentarse de la extracción de savia bruta puede transmitir y diseminar enfermedades de tipo viral aunado a eso causa que las hojas se deshidraten y debiliten con el paso del tiempo, desencadenando una disminución en el rendimiento del cultivo (Horowitz *et al.*, 2011). Como daño indirecto las altas poblaciones de mosca blanca segregan líquidos con un alto contenido de azúcares sobre las láminas foliares de las plantas provocando que sobre estas se desarrolle la fumagina un hongo cuyo agente causal es *Cladosporium* sp. Al propagarse por toda el área foliar hace que la tasa fotosintética disminuya considerablemente debido al bloqueo directo de la luz ocasionando que el crecimiento del cultivo se vea pausado (Windbiel & Messenger, 2020).

2.5.2. Paratrioza *Bactericera cockerelli*

La paratrioza o también conocido como pulgón saltador, salerillo o psílido de la papa se desarrolla en la mayoría de las regiones productoras de solanáceas (papa, tomate, ají, pimiento, naranjilla, tabaco) en México, Estados Unidos y América Central, se alimenta extrayendo savia directamente de los folíolos del cultivo lo cual con el paso del tiempo degrada altamente el desarrollo del este (MAG, 2010).

El insecto contempla dos tipos de daño, directos e indirectos, dentro de los daños directos se tiene que el insecto en su forma de ninfa como adulto extrae savia de los folíolos mientras esto se lleva a cabo el individuo trasmite toxinas que hacen que

la planta se torne de color amarillento en tanto que su apariencia se muestra raquítica, causando disminución en la calidad y rendimiento del cultivo (Haviland & Trumble, 2019), por otra parte los daños indirectos considerados los más importantes causados por los estados de ninfa y adulto son la transmisión de la enfermedad tipo bacteriana conocida como “permanente del tomate” o también “punta morada de la papa o del tomate” donde el agente causal es “*Candidatus Liberibacter solanacearum* (Jirón *et al.*, 2016). Los adultos de este insecto miden 2 mm aproximadamente y su color pasa ligeramente de ámbar a café oscuro o negro, su hábitat es principalmente saltador entre los folíolos del cultivo o en reposo en el envés de las hojas, las hembras tiene una alta capacidad reproductiva pues llegan a ovipositar más de 500 huevecillos durante un periodo de 21 días, la plaga contempla una metamorfosis incompleta pues pasa de huevo, cinco estadios ninfales y posteriormente adulto (Gutierrez, 2017), todo esto en un tiempo de 27 días a temperaturas optimas que rondan rangos de entre 21-27 °C teniendo como temperatura ideal 23°C ya que temperaturas inferiores a 15°C o superiores a 32°C afectan adversamente el desarrollo y sobrevivencia del insecto (OIRSA, 2015).

2.5.3. Minador de la hoja *Liriomyza* spp.

El daño que esta plaga causa contempla al estado larvario y adulto que afectan principalmente al cultivo en una etapa temprana de su crecimiento, el estado larvario forma galerías o minas rectas en las hojas maduras de la planta mientras que el adulto se alimenta extrayendo savia de hojas jóvenes, ambos impactando finalmente en la productividad y desarrollo del cultivo (Nuez *et al.*, 1995).

La plaga tiene metamorfosis completa pasando por huevo, 4 fases larvarias, pupa y finalmente adulto, su ciclo biológico se lleva a cabo en 19 días. Este tiempo va a depender de factores como temperatura y humedad del lugar, los rangos óptimos para su desarrollo son entre 25-30°C (Barranco, 2003). Las hembras llegan a ovipositar de 100 hasta 600 huevos en todo su ciclo, los cuales son establecidos individualmente entre la epidermis de ambos lados de las hojas aunque preferentemente optan más por el envés (Valenzuela *et al.*, 2010), estos tienen

forma cilíndrica que van de color blanco crema a amarillos, al emerger las larvas se alimentan de la savia liberada que se encuentra entre la epidermis y el parenquima de las hojas causando minas, además de síntomas cloróticos y pérdida de vigor en las plantas (FAO, 2013), las pupas tienen un tamaño aproximado de 2 a 3 mm de longitud tornándose de color amarillo hasta llegar a café oscuro, color que se presenta al dar inicio a la emergencia del estado adulto, por último los adultos son mosquitas cuyos tamaños van de 2 a 3 mm de longitud presentando colores negro brillante en casi todo el cuerpo a excepción del área torácica principalmente el escutelo donde el color es amarillento (Steck, 2011).

2.5.4. Polilla del tomate *Tuta absoluta*

Es una plaga devastadora para el cultivo del tomate, el daño que causa es directamente provocado por las larvas de este lepidóptero y al momento de alimentarse estas ocasionan perforaciones de gran consideración en hojas, tallos, brotes superiores, frutos verdes al igual que maduros dando como consecuencias pérdidas totales de la cosecha e incluso cierre de mercados internacionales debido a que la plaga tiene importancia cuarentenaria para Centroamérica y Norteamérica (OIRSA, 2010). Su importancia es alta debido a que el inmaduro puede causar daños en todas las etapas de crecimiento del cultivo, la distribución que posee es amplia ya que se puede encontrar en casi todas las zonas productoras de tomate en el mundo (CABI, 2018).

La polilla tiene una metamorfosis completa. El ciclo biológico para la plaga se completa entre 23 a 40 días esto dependerá de las circunstancias climatológicas, las hembras de *Tuta absoluta* llegan a ovipositar hasta 250 huevos durante todo su ciclo, teniendo como hábitat el envés de las hojas, los huevos son de color blanco a amarillo con un tamaño aproximado de 0.3 mm a 0.45 mm de longitud, mientras que en estado larvario el cuerpo es de color amarillo cremoso con cabeza de color oscuro, con el paso del tiempo y hasta llegar al 2° estado larvario el cuerpo se torna verdoso a ligeramente rosado (Santos & Perera, 2010). El estado de pupa es de tipo obtecta presentando un color verde olivo hasta llegar a un café oscuro próximo

a que emerja el adulto. Los adultos presentan escamas y su color contempla manchas de color negro en sus alas anteriores, cabe resaltar que estos tienen una alta capacidad reproductiva puesto que llegan a generar de 10 a 12 generaciones por año, sus hábitos son nocturnos mientras que por el día suelen esconderse entre los folíolos de la planta (Monserrat, 2010).

2.5.5. Gusano alfiler *Keiferia lycopersicella*

Esta plaga es de mucha importancia en el cultivo del tomate pues su daño es generalizado para todas las partes de la planta afectando hojas, tallos y frutos. Su distribución es cosmopolita debido a que se encuentra en casi todas las regiones productoras de tomate, la preocupación más grave de los productores es su alta capacidad de resistencia a la aplicación de insecticidas lo que desglosa que su control sea más difícil y costoso (Garza, 2022).

Las larvas del lepidóptero afectan al cultivo en sus cuatro etapas de desarrollo larvario, esto inicia cuando las hembras ovipositan en el haz y el envés de las hojas, generalmente los huevecillos siempre son colocados cerca de las inflorescencias para una vez establecido el fruto estas comienzan a alimentarse de él barrenando frutos verdes o maduros para después pasar a pupar en el suelo (UC IPM, 2017), los huevos en condiciones óptimas de temperatura y humedad eclosionan hasta generarse los primeros instares, durante los primeros dos estados los individuos llegan a causar minas irregulares en los folíolos provocando la reducción fotosintética de los mismos, sin embargo en las dos consecuentes, tercera y cuarta, la larva se alimenta del fruto causando en él un severo daño afectando gravemente en el rendimiento del cultivo y su limitación de comercialización (Armstrong & Cabrera, 2006). Para que el ciclo biológico del organismo se complete requiere de 21 días aproximados a temperaturas óptimas de 30°C, los huevos son de color amarillo recién ovipositados tienen una forma elíptica y cambian a color anaranjado próximos a eclosionar, las larvas cambian de color mientras van transcurriendo su desarrollo yendo de un verde pálido hasta llegar a un grisáceo con manchas de color púrpura, su tamaño oscila aproximadamente de 6 a 8 mm en

su último momento antes de llegar a pupa, cuando el insecto entra en estado de pupa generalmente suele encontrarse en el suelo teniendo una coloración de café claro a grisáceo pero no se descarta la posibilidad de que se llegue a encontrar dentro del fruto. Por último, el adulto es una palomilla de 5 mm de largo con una coloración de café muy fuerte y posee alas de color negro (Garza, 2022).

2.5.6. Araña roja *Tetranychus urticae*

El ácaro rojo comúnmente conocido, es una de las plagas cosmopolitas polífagas con mayor importancia dentro del cultivo esto debido al grado tan alto de devastación que puede llegar a causar, su presencia bajo cultivos con protección plástica es menor a la tradicional o cielo abierto (Gugole, 2013), la mayor parte del tiempo el individuo se hospeda en el envés de las hojas, alimentándose principalmente de la savia elaborada, en un inicio el síntoma característico de la plaga son puntuaciones decoloradas y mates con manchas amarillas que mientras avanza el tiempo y no se toman medidas de control pueden llegar a secarse y caer provocando la defoliación parcial de la planta, su nivel más alto de daño se da al tener poblaciones muy altas de este organismo generalmente suelen ser en periodos de tiempo seco y caluroso, ya que la reproducción de la plaga se da con bastante rapidez (Nuez *et al.*, 1995).

La especie de este ácaro tiene un ciclo de vida holometábolo es decir pasa por cinco estados de desarrollo que son huevo, ninfa, protoninfa, deutoninfa y por último el adulto. El desarrollo de todo el ciclo es muy rápido a condiciones climáticas adecuadas, pues su temperatura optima es de 30 a 32 °C, que en relación con un ambiente seco pueden hacer que el ciclo de vida del ácaro se complete en 12 días, aunque también se le ha visto poder prosperar a temperaturas máximas de 40 °C (Reséndiz & Castillo, 2018). El organismo contempla una reproducción sexual con partenogénesis es decir para aquellos huevos que han sido fecundados tendrán el sexo femenino y para aquellos que no lo fueron serán machos. Las hembras tienen una alta capacidad reproductiva pues llegan a poner de 100 a 120 huevos durante su ciclo ovipositaio en un promedio de 3 a 5 huevos por día. La especie en época de

invierno permanece oculta en árboles, residuos de cosecha e incluso malezas, esperando hasta la temporada de primavera para volver a iniciar su ataque teniendo como hábitat el envés de las hojas (Badii *et al.*, 2010).

2.6. Enfermedades fungosas en el cultivo de tomate

2.6.1. Tizón tardío *Phytophthora infestans*

El tizón tardío o mildiú aéreo del tomate es una enfermedad crítica para el cultivo debido a que puede llegar a causar pérdidas totales si su manejo no es el adecuado en tiempo y forma, lo preocupante es la capacidad del patógeno de poder manifestarse en todas las etapas fenológicas del cultivo, se establece que el patógeno desde su introducción a México, fue ahí donde este evoluciono y se difundió a varias zonas productoras del cultivo en el mundo (Realpe, 2010). La enfermedad muchas veces da inicio en los folíolos de la planta que con el tiempo continúa afectando los tallos, peciolas y frutos (Acuña *et al.*, 2019). En las hojas manifiesta manchas irregulares color marrón que mientras el progreso de la enfermedad continua estas se necrosan y mueren, generalmente alrededor de estos márgenes se logra observar los signos del patógenos expresándose como un algodoncillo blanco grisáceo compuesto principalmente por esporangios y esporangióforos, el organismo requiere ciertas condiciones para poder desarrollarse, una de ellas son humedades relativas que se encuentren entre 90 y 100% además de temperaturas que oscilen los 15 y 27°C, aunque se conoce que el inóculo puede permanecer vivo en el hospedero en un rango de temperatura de entre 0 a 28°C (Acuña *et al.*, 2019) , la dispersión de la enfermedad se da mediante la lluvia, el viento y mecanismos de riego por aspersión (Ojiambo *et al.*, 2015). El patógeno puede sobrevivir e invernar en el suelo o en residuos de cosecha como micelio u oosporas, los cuales esperan a que las condiciones sean óptimas para poder emerger e infectar (Diaz *et al.*, 2014). Se han contemplado muchas medidas de manejo para la enfermedad algunas de estas son el uso de materiales resistentes, la buena desinfección de instalaciones y herramientas de trabajo, la rotación de cultivos y la excelente ventilación en relación con una distribución

oportuna de la densidad poblacional del cultivo. Dentro de un manejo químico se tiene el uso de moléculas como Mancozeb, Clorotalonil, Folpet, Propamocarb, Oxatiaprolin, Mandipropamid y Fenamidona y así como algunos derivados del cobre como hidróxidos y sulfatos (Buch & Villanueva, 2019).

2.6.2. Marchitez vascular *Fusarium oxysporum*

La enfermedad mejor conocida como “marchitez vascular” es un grave problema para las zonas productoras de tomate su registro contempla a más de 32 países incluido México, su nivel de daño contempla hasta un 60% de pérdidas y una alta reducción de calidad en frutos cosechados (Salas *et al.*, 2022). Existen 3 razas de *Fusarium oxysporum* cada una con el mismo poder destructivo, los síntomas característicos de esta enfermedad es el amarillamiento y marchitez de las hojas, iniciando desde las zonas basales hasta el ápice de la planta, mientras el progreso de la enfermedad continua el crecimiento en la planta es lento además de que si el cultivo se encuentra en etapa de producción está también se reduce considerablemente. Debe destacarse que el síntoma principal que asocia a *Fusarium oxysporum* es que al cortar una parte longitudinalmente del vástago principal se observan unas rayas que toman un color que van de marrón a oscuro las cuales pueden observarse a simple vista, esta coloración nos es de ayuda ya que se toma como referencia para una identificación rápida en campo (Santos *et al.*, 2004). El patógeno se encuentra constituido por esporas principalmente de tres tipos, microconidias, macroconidias y clamidiosporas. Como toda enfermedad requiere de ciertos factores para que esta pueda crecer y desarrollarse. Generalmente el patógeno prefiere suelos ácidos, con mal drenaje y de textura muy liviana además de estar expuesto a temperaturas promedio de 18 a 20°C, también los días cortos y con muy baja intensidad lumínica hacen que el inoculo gemine e infecte a la raíz con mucha mayor rapidez (FAO, 2013). Lo que resalta de este organismo es su alta permanencia en los suelos donde haya habido historial de ataque, pues el inoculo puede estar presente hasta por 10 años, *Fusarium oxysporum* se trasmite por medio de semillas, trasplantes infectados, residuos de

cosecha infectados, y a través del agua de riego, además el tener una fertilización alta en nitrógeno favorecen la aparición de la enfermedad (Kant *et al.*, 2011). Se han implementado diversos manejos para la enfermedad entre ellos destacan el uso de materias resistentes, la desinfección de semillas al igual que las instalaciones y herramientas de trabajo, en cuestión al manejo químico se ha hecho el uso de productos químicos a base de las siguientes moléculas químicas, Thiabendazol, Carbendazin, tiofanato de metil, Fosetil Aluminio, Mancozeb, Prochloraz, y Tiram (Segura & Torres, 2020).

2.6.3. Tizón temprano *Alternaria solani*

El tizón temprano o *Alternaria* es otra de las enfermedades principales que afectan significativamente al cultivo del tomate alcanzando pérdidas en fruto que van de un 35 a 79%, la enfermedad se encuentra distribuida a nivel internacional principalmente en regiones o zonas cálidas. Para nuestro país no es excepción, su presencia es relevante en todas las zonas productoras de tomate. El patógeno tiene la capacidad de poder presentarse y desarrollarse en cualquier etapa del cultivo afectando, hojas, tallos y frutos, sus condiciones óptimas de desarrollo son a temperaturas de 24 a 30°C y con humedades relativas por encima del 90% (Obregón, 2018; Nuñez & Sandoval, 2011). El síntoma característico de la enfermedad son la presencia de manchas circulares con anillos concéntricos muy marcados, estos van de un color café oscuro a negro, con el paso del tiempo estas manchas continúan su crecimiento lo que provocan que el foliolo presente un color amarillento severo y muera, en consecuencia, al tener defoliación en la planta los frutos quedan expuestos a golpes de sol afectando fuertemente la calidad de estos (Nuñez & Sandoval, 2011), el inóculo puede estar presente y sobrevivir como estructura de micelio o espora en el suelo e inclusive en hospederos, esperando las condiciones óptimas como cambios drásticos de temperaturas en conjunto con días lluviosos o húmedos para poder emerger (Rueda & Shelton, 2018). Algunas medidas dentro del manejo de la enfermedad se tiene el uso de materiales resistentes, eliminación de plantas infectadas así como todo aquel residuo de

cosecha, la realización de rotación de cultivos, así como la desinfección de instalaciones y herramientas de uso diario (Sanabria, 2010), en relación a manejo químico tenemos el uso de moléculas preventivas Clorotalonil, Folpet, Captán, Mancozeb y algunos derivados del Cobre, dentro de la lista de moléculas curativas tenemos, Boscalid, Mancozeb, Piraclostrobin, Propineb, Difenoconazole, Dimetomoph y Cymoxanil (Isela, 2019).

2.6.4. Cenicilla polvorienta *Leveillula taurica*

La Cenicilla conocida también como cenicilla polvorienta o mildiu polvorienta, es otro patógeno de gran importancia dentro de las enfermedades principales que amenazan el cultivo de tomate, su distribución se encuentra presente en todas aquellas zonas de cultivo con climas áridos y semiáridos, contemplando el 93% de estos cultivos plantas dicotiledóneas y el otro 7% a monocotiledóneas (Takamatsu, 2013). Se caracteriza por presentar lesiones de color amarillo verduzco en el haz de las hojas, mientras que por el envés se logra observar una leve esporulación propias del patógeno, a estos síntomas se le atribuye la presencia de su estado anamórfico; posteriormente si la enfermedad continua y se presentan las condiciones óptimas, las lesiones pueden necrosar y generar grandes cantidades de masas polvorientas en el haz y envés constituidas principalmente por conidios, a este estado se le conoce como el anamórfo o infectivo, mientras al problema no se le dé la atención y/o el manejo adecuado las plantas afectadas terminaran defoliándose causando una alta reducción en la tasa fotosintética, en el tamaño del fruto así como también productos de mala calidad debido a que se cosecharan un gran número de frutos quemados por el sol (Figuroa *et al.*, 2005). El patógeno se presenta en condiciones con temperaturas promedio de 25 °C y con una humedad relativa del 50 y 75% en el día y por la noche ronde entre el 90 y 95%, el inóculo puede permanecer e invernar en el suelo de igual u de otra forma en algún hospedero alternante que se encuentre dentro de la amplia lista que contiene. Algunas alternativas de manejo que se tiene son la desinfección profunda de instalaciones y áreas cultivables, mantener una óptima densidad de población con

el fin de mejorar las corrientes de ventilación, en tanto al manejo químico hacer uso de fungicidas específicos para su control utilizando ingredientes activos como Azufre Micronizado, Ciproconazol, Miclobutanil, Propiconazole, Azoxystrobin, Quinoxifen, Pentiopirad, Difenconazole, Tebuconazole+Trifloxystrobin (Villalobos *et al.*, 2013).

2.7. Enfermedades Bacterianas en el cultivo del tomate

2.7.1. Cáncer Bacteriano *Clavibacter michiganensis*

El cáncer bacteriano o también conocido como “ojo de pájaro”, “mancha ocular” o “marchitez bacteriana” es una enfermedad devastadora para el cultivo del tomate no solo para México ya que su distribución es mundial pues desde su aparición se han ido presentando nuevos brotes alrededor del mundo, sus pérdidas pueden llegar de 10 a 100%, esto sin contemplar en donde se encuentre el cultivo ya que puede ser a campo abierto o bajo cubierta plástica (Wang *et al.*, 2022). Sus síntomas se dividen en dos tipos, infecciones sistémicas y localizados, las infecciones sistémicas comienzan con la degradación de los tejidos vasculares causando que el agua y nutrientes no sean trasladados hasta las partes apicales de la planta provocando una marchitez generalizada, en etapas tempranas este síntoma se logra observar solo en la mitad de las hojas, otro de los síntomas pero no muy frecuente es la aparición de chancros en los tallos, dentro de los síntomas localizados contempla lesiones necróticas en los bordes de las hojas y chancros en los tallos, de igual forma se aprecian lesiones en los frutos conocidos como “bird’s eye” (Chalupowicz *et al.*, 2017), el patógeno se presenta en condiciones de alta humedad relativa ocasionado por lluvias o riegos pesados o también por algún desbalance nutricional, principalmente el exceso de nitrógeno. El organismo puede invernar o estar presente en residuos de cosecha o también en el suelo esperando a que las condiciones sean las óptimas para su emergencia. Se han implementado estrategias para su manejo algunas de ellas son el uso de semillas certificadas libres del patógeno, realizar esterilizaciones de instalaciones y equipos de manejo,

además de realizar rotaciones de cultivos (de León *et al.*, 2011), en cuanto al manejo químico se han implementado estrategias preventivas con aplicaciones de productos a base de compuestos de cobre y como alternativa curativa se tiene la aplicación de los antibióticos a base de Estreptomina, Kasugamicina y Gentamicina (Nandi *et al.*, 2018).

2.7.2. Necrosis de la médula del tomate *Pseudomonas corrugata*

La enfermedad conocida como necrosis de la medula del tomate es causada por *Pseudomonas corrugata*, una bacteria Gram negativa. Su distribución se encuentra en todo el mundo pues afecta a grandes zonas donde el cultivo de tomate es alto, generalmente se presenta en épocas de gran amplitud térmica es decir cuando se tiene días cálidos y noches frescas, también en cultivos donde factores como la poca ventilación, el desbalance de fertilización y la mala ejecución de riegos se manifiestan todo el tiempo, sus síntomas comienzan con una clorosis marcada en las hojas basales que con el paso del tiempo y conforme la enfermedad avanza afecta a tallos, peciolo y pedúnculos expresándose en una lesión superficial que va de color café a marrón oscuro (Obregón, 2018), mientras tanto el síntoma principal de la enfermedad se sitúa en el tallo de la planta pues al realizar un corte transversal de este se logra apreciar la degradación de la médula dando como resultado el ahuecamiento del tallo, todos estos desordenes internos dan como resultado la aparición de agrietamientos en los tallos así como la formación de raíces adventicias (Maeso & Silvera, 2019). Contemplando al manejo químico que se le ha podido dar, se considera la desinfección oportuna del lugar donde se establecerá el cultivo, la eliminación de todo aquel residuo de cosecha, además del uso de materiales genéticos resistentes a este tipo de enfermedades, dentro del manejo químico se tiene el uso de aplicaciones preventivas a base de cobre y sus derivados, mientras que para un control correctivo se recomienda el uso de compuestos a base de Streptomina, Gentamicina, Kasugamicina y Oxitetraciclina (Maeso & Silvera, 2019).

2.7.3. Costra Bacteriana *Xanthomonas campestris*

La costra bacteriana o sarna bacteriana del tomate es una enfermedad catalogada muy agresiva debido al grave daño que ha llegado a generar en cultivares de tomate de todo el mundo, sus principales síntomas son la aparición de manchas con aspecto grasoso que muy pocas veces tienen un halo amarillo, aparecen al azar en toda el área de la lámina foliar, dichas lesiones con el paso del tiempo se tornan de un color marrón a negro para después necrosarse y caer, el daño directo que esta llega a causar es el fruto pues la bacteria afecta severamente a este en todas sus etapas de formación, afectando continuamente la calidad del fruto y el rendimiento de la cosecha (INRAE, 2021). El patógeno se desarrolla en condiciones climáticas húmedas y cálidas entre rangos de temperatura de 20° y 35°C teniendo como temperatura optima 26°C, la diseminación de la bacteria ocurre a través de escurrimientos por lluvias, residuos de cosechas contaminadas, mediante la práctica de labores culturales, semillas contaminadas y por el riego, algunas de las medidas específicas para evitar la propagación y diseminación de la enfermedad es el uso de materiales resistentes, la buena desinfección de instalaciones y herramientas de trabajo así como también el control de insectos chupadores (INRAE, 2021). El tratamiento químico aceptable para el manejo de esta bacteria como uso preventivo es la aplicación de compuestos a base de cobre tribásico mientras que dentro del manejo correctivo se opta por la aplicación de compuestos a base de Estreptomicina y Gentamicina (INTA, 2018).

2.8. Enfermedades causadas por virus en el cultivo del tomate

El cultivo del tomate todo el tiempo ha estado susceptible al ataque de enfermedades virales, las cuales desde siempre han sido difíciles de controlar por motivo que algunas de estas con el paso de los años se han ido haciendo más resistentes a los posibles manejos que puedan implementarse (Hassen *et al.*, 2010). En México las enfermedades del tipo viral en el cultivo del tomate son de mucha importancia, debido a las cifras altas en pérdidas económicas que puede llegar a causar, las afectaciones no solo son a sistemas de producción en campo abierto,

sino que también a aquella baja cubierta plástica, esto da entender que ningún sistema de producción es obstáculo para que este tipo de enfermedades se manifiesten (Stefano *et al.*, 2020), en nuestro país se han reportado 25 tipos de virus distribuidos en nueve familias todos infectando a cultivares de tomate a lo largo y ancho del territorio nacional, debemos recalcar que solo algunos de estos han llamado la atención de investigadores y productores de este vegetal, debido a su poder infectivo, diseminación y de devastación dentro de los cultivos, haciendo mención algunos de ellos son el virus del fruto rugoso marrón del tomate o virus rugoso marrón del tomate (sus siglas en inglés ToBRFV), el virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV), el virus del rizado amarillo del tomate (TYLCV), el virus del mosaico del pepino (PepMV) y el virus del mosaico del tabaco (TMV) (García *et al.*, 2022). Siendo hasta la actualidad ToBRFV el virus de mayor preocupación e importancia agronómica para el cultivo bajo condiciones de invernadero (Oladokun *et al.*, 2019).

2.9. Virus Rugoso Marrón del Tomate (ToBRFV)

El virus rugoso marrón del tomate coloquialmente en México conocido como “virus rugoso del tomate”, es un severo problema para todas aquellas zonas productoras del cultivo, debido a las pérdidas económicas que el ente llega a causar en diferentes etapas de desarrollo, aunque aún no se tiene establecidos umbrales ni niveles de pérdidas económicas por parte de la infección hacia los cultivares, productores han observado que sus pérdidas rondan entre un 30 a 100% después de haberse contaminado con el virus (García & Bocanegra, 2018). El virus fue reportado por primera vez en zonas del medio oriente en los países de Israel en el año 2014 y posteriormente en Jordania 2015 (Salem *et al.*, 2016) para el año 2018 su presencia había abarcado territorio americano y europeo en los países de México, Italia, Estados Unidos y Alemania, estos últimos dos erradicaron su presencia eliminando plantas infectadas y asintomáticas al mismo tiempo que surgió su aparición (Chitambar, 2018) dos años más tarde Polonia presentó la misma situación (EPPO, 2020), el panorama del virus para el año 2019 fue negativo pues

este logró llegar y afectar a nuevos territorios como Francia , China, Turquía, Holanda, Bélgica, España, Países Bajos, Palestina, Reino Unido, Grecia, Egipto, Arabia Saudita, Noruega, Suiza (Stefano *et al.*, 2020) (Cuadro 1). El virus pertenece al reino Riboviria a la familia Virgaviridae, al género Tobamovirus el cual contempla 37 especies de importancia agrícola, las especies del género Tobamovirus están constituidas por partículas en forma de varilla rígida de un tamaño aproximado de 30 nm de longitud, además de que posee un genoma de ARN monocatenario (Salem *et al.*, 2016). En México la presencia del virus se dio hasta agosto del 2018 en zonas productoras de tomate saladette pertenecientes a las comunidades de Yurécuaro y Tanhuato, Michoacán (Cambrón *et al.*, 2019), el descubrimiento surgió cuando productores comenzaron a notar síntomas no tan comunes en las plantas de tomate los cuales llamaron la atención de investigadores y personas dedicadas al medio, hasta hoy podemos decir que la enfermedad tiene presencia en los estados de Sinaloa, Yucatán, Tamaulipas, Zacatecas, Michoacán, Guanajuato, Jalisco, Baja California, Morelos (SIAP, 2020).

Cuadro 1. Reportes a nivel mundial del virus de la fruta rugosa marrón del tomate (ToBRFV).

Lugar	Fecha de reporte	Hospedero	Método de detección	Cita
Ohad, Israel	2014	<i>S. lycopersicum</i> <i>C. annum</i>	ELISA, RT-PCR, secuenciación del genoma	Luria <i>et al.</i> (2017)
Jordania	2015	<i>S. lycopersicum</i>	ELISA, RT-PCR, secuenciación del genoma	Salem <i>et al.</i> (2016)
Westphalia, Alemania	2019	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR, secuenciación del genoma	Menzel <i>et al.</i> (2019)
Baja California, México	2018	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	Camacho-Beltrán <i>et al.</i> (2019)
California, Estados Unidos	2018	<i>S. lycopersicum</i>	ELISA, RT-PCR, microscopio de electrones.	Chitambar (2018), Ling <i>et al.</i> (2019)
Michoacán, México	2018	<i>S. lycopersicum</i> <i>Capsicum sp</i>	RT-PCR, secuenciación del genoma	Cambrón <i>et al.</i> (2018)
Sicilia, Italia	2018	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR, secuenciación del genoma	Panno <i>et al.</i> (2019)
Antalya, Turquía	2019	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR, secuenciación de genoma.	Fidan <i>et al.</i> (2019)

Shandong, China	2019	<i>S. lycopersicum</i>	ELISA, RT-PCR, secuenciación del genoma	Yan <i>et al.</i> (2019)
Sur de Inglaterra	2019	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	Skelton <i>et al.</i> (2019)
Holanda	2019	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	van de Vossenberg <i>et al.</i> (2020).
Palestina	2019	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	Alkowni <i>et al.</i> (2019).
Chania, Grecia	2019	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	Beris <i>et al.</i> (2020).
Ismailia y Fayoum, Egipto	2019	<i>S. lycopersicum</i>	DAS-ELISA, RT-PCR	Mahmoud (2020).
Almeria, España	2019	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	Alfaro-Fernández <i>et al.</i> (2021).
Finisterre, Francia	2020	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	Skelton <i>et al.</i> (2022).
Bélgica	2020	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	ONPF de Bélgica (2020).
Barczewo, Polonia	2020	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	ONPF de Polonia (2020-06)
Republica Checa	2020	<i>C. annum</i>	RT-PCR	ONPF de República Checa (2020).
Riyadh, Arabia Saudita	2021	<i>S. lycopersicum</i>	ELISA, RT-PCR	Sabra <i>et al.</i> (2021).

Vestfold, Noruega	2021	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	Hamburgo y Blystad (2021).
Ostschweiz, Suiza	2021	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	Mahillon <i>et al.</i> (2022).
Münchendorf, Austria	2021	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	ONPF de Austria (2021).
Dingli, Birzebbugia, Gudja, Żabbar, Xewkija, Mgarr, Malta	2021	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	NPPO of Malta (2021).
Mezdra, Bulgaria	2021	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	ONPF de Bulgaria (2021).
Lébény y Forráskút Hungría	2021	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	ONPF de Hungría (2021).
Grosuplje, Eslovenia	2021	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	ONPF de Eslovenia (2021).
Saue Vald, Estonia*	2021	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	ONPF de Estonia (2021).
Algarve, Portugal	2021	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	ONPF de Portugal (2021).
Isfahan,Irán	2021	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	Ghorbani <i>et al.</i> (2021).
Turku, Finlandia	2022	<i>S. lycopersicum</i>	RT-PCR	ONPF de Finlandia (2022).

Cabe mencionar que la situación actual de ToBRFV para la nación de Estonia se encuentra como erradicada (EPPO, 2022), esto debido a que la nación tomó medidas de erradicación como la destrucción completa de plantas y semillas mediante la incineración, además de la desinfección completa de invernaderos.

2.9.1. Sintomatología del Virus Rugoso Marrón del Tomate

Los principales síntomas de ToBRFV se manifiesta en los ápices de las plantas principalmente más jóvenes donde se puede observar moteados y mosaicos muy marcados, reducción de lámina foliar, así como clorosis marcada, mientras que en el fruto se pueden observar malformaciones con aspecto de rigurosidad en conjunto con colores que van de amarillentos hasta llegar a marrón, también se puede observar una necrosis en partes como pedúnculos, cáliz y peciolo (Figura 1), aunque el síntoma característico de la enfermedad es la aparición de patrones en forma de ámpulas o tumores de color verde oscuro ubicados en los folíolos del crecimiento apical (hojas jóvenes) (Zhang *et al.*, 2022), es necesario establecer que la gravedad de los síntomas hacia el hospedero dependerá de diferentes factores como la etapa del cultivo, tipo de material genético y condiciones edafoclimáticas del cultivo (Neta *et al.*, 2017), cabe mencionar que la mayoría de estos síntomas y principalmente la deformación de frutos son muy parecidos al virus del mosaico del pepino dulce (PepMV), por ello es necesario realizar pruebas serológicas o moleculares para verificar su identidad (SENASICA, 2020).

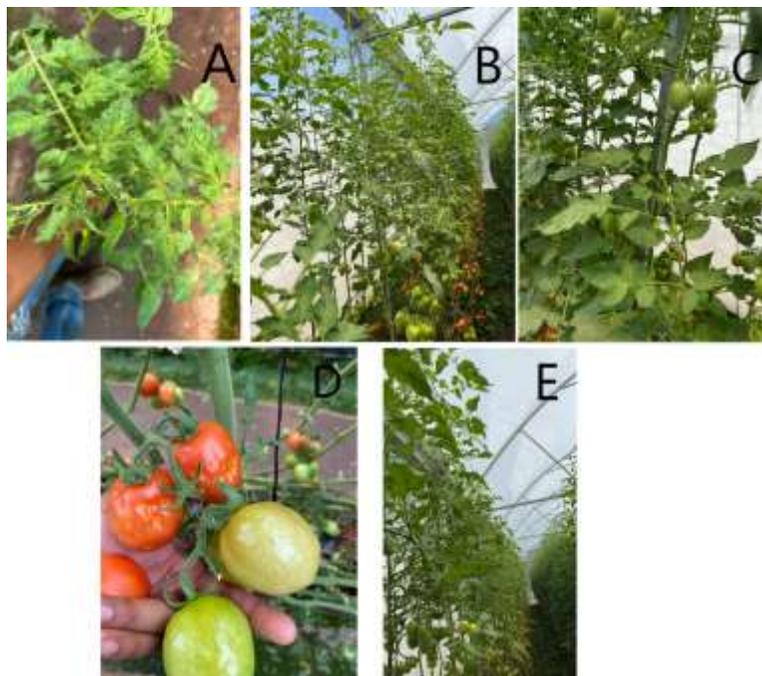


Figura 1. Sintomatología de ToBRFV en Tomate tomada por Alexandro Aguilar en Invernaderos del estado de Morelos. A) Clorosis marcada en zonas apicales, B) aparición de mosaicos en foliolos, C) reducción de lámina foliar, D) deformación de fruto, E) aparición de ámpulas o tumores de color verde oscuro.

2.9.2. Introducción a México

En México la presencia del virus se dio hasta agosto del 2018 en zonas productoras de tomate saladette pertenecientes a las comunidades de Yurécuaro y Tanhuato, Michoacán (Cabrón *et al.*, 2019), el descubrimiento surgió cuando productores comenzaron a notar síntomas no tan comunes en las plantas de tomate los cuales llamaron la atención de investigadores y personas dedicadas al medio, hasta hoy podemos decir que la enfermedad tiene presencia en los estados de Sinaloa, Yucatán, Tamaulipas, Zacatecas, Michoacán, Guanajuato, Jalisco, Baja California, Morelos (SIAP, 2020), donde las afectaciones más graves han sido para cultivos de tomate y chile (Cuadro 2), todo parece indicar que las importaciones de materiales genéticos realizadas en el año 2018 provenientes de Israel fueron las que dieron origen a la introducción del virus a territorio nacional, pues en el periodo 2014-2018 México importó aproximadamente 3,618.69 kg de semilla de tomate y 3,006.49 kg de semilla de chile, originaria y procedente del país ya mencionado,

dentro del país solo fue cuestión de tiempo para que la aparición de focos de infección se presentara (Garcia & Bocanegra, 2018).

Cuadro 2. Reporte de ToBRFV en diferentes cultivos dentro de la República Mexicana.

Estado	Cultivos
Baja California	Tomate
Chiapas	Tomate, chile
Chihuahua	Tomate, chile
Coahuila	Tomate
Colima	Tomate, chile
Durango	Tomate
Guanajuato	Chile y malezas
Hidalgo	Tomate, chile
Jalisco	Tomate, chile
Michoacán	Tomate, chile
Morelos	Tomate, chile
Puebla	Tomate
Querétaro	Chile
San Luis potosí	Tomate
Sinaloa	Tomate, chile
Sinaloa	Tomate, chile y berenjena
Sonora	Tomate
Tamaulipas	Tomate, chile

Yucatán

Tomate, chile

Zacatecas

Tomate, chile

Fuente: información recopilada de (SINALAB, 2020)

2.9.3. Mecanismos de transmisión

El virus tiene un mecanismo de transmisión muy peculiar pues hasta hoy solo se conoce que su diseminación es mecánica esto mediante el traslado de semillas contaminadas con el virus, así como también por el contacto directo entre planta y planta, de igual forma mediante la manipulación durante las labores culturales (González *et al.*, 2021). Como tal no se tiene registro y/o comprobación que el virus sea diseminado por algún vector, pero existía la posibilidad que aquellos insectos polinizadores podrían ser diseminadores de la enfermedad, recientemente investigadores comprobaron que, en efecto, en el momento en que estos insectos polinizadores (abejorros) realizaban las actividades polinizadoras, en su abdomen portaban el inóculo, haciendo que este se disipara por toda el área cultivada (Levitzky *et al.*, 2019). Hoy día no se cuenta con materiales genéticos resistentes a ToBRFV, aunque si los hay para otras especies de tobamovirus pero estos siguen siendo susceptibles y vulnerables al patógeno estudiado, mientras tanto varias empresas continúan con trabajos de investigación para pronto obtener algún material resistente a este agente infeccioso (González *et al.*, 2021).

2.9.4. Manejo de ToBRFV

Como tal no se tiene algún tratamiento específico para controlar mucho menos erradicar el virus, pero si existen medidas o estrategias para poder reducir las posibilidades de aparición o diseminación acelerada por parte de este, algunas estrategias que se tienen son, el uso de semillas certificadas libres de agentes patógenos incluido ToBRFV a las cuales se les puede implementar la técnica de termoterapia de semilla seca mediante el uso de calor, la rotación de cultivos, eliminación de malezas principalmente las especies *Chenopodium murale*,

Chenopodium amaranticolor , *Chenopodium quinoa* y *Petunia hybrida* ya que estas al ser hospederos alternantes podrían comprometer al cultivo (Neta *et al.*, 2017), así como también todo aquel residuo de cosecha, desinfección constante de personal como de herramientas de uso diario, suprimir el uso recirculatorio de la solución nutritiva, como también evitar la reutilización de sustratos y como clave fundamental la eliminación mediante la incineración y remoción temprana de plantas infectadas o aquellas que tengan síntomas similares a ToBRFV (Zhang *et al.*, 2022).

2.9.5. Inductores de resistencia

Se le asocia el nombre de inductores de resistencia a aquellas sustancias que provocan cambios o alteraciones fisiológicas dentro de las plantas, en respuesta a los ataques de agentes patógenos que lleguen a presentar, los cuales pueden poner en riesgo la vida, el desarrollo y crecimiento óptimo, estas sustancias son segregadas mediante la inducción de agentes físicos o químicos. La resistencia en las plantas se puede divide en 2 categorías en relación al mecanismo de defensa que efectuó, este puede ser inductivo o constitutivo, el constitutivo difiere propiamente a las defensas físicas o estructuras de las plantas como son tricomas, cutículas y ceras, así como la segregación de sustancias antifúngicas o enzimas inhibitoras, en tanto al mecanismo inductivo se necesita de la aplicación de compuestos exógenos científicamente llamados elicitores cuya función es activar los estímulos de defensa de las plantas mediante la producción de fitoalexinas, las cuales su objetivo será activar algún tipo de defensa con el que cuente la planta al momento de ser infectada. La composición exacta de una fitoalexina es una interrogante, pues solo se describe como una sustancia química con un bajo peso molecular de diversa naturaleza (terpenoides, alcaloides, glucósidos y flavonoides, entre otros) resultado del metabolismo secundario de la planta, la cual es sintetizada después de algún ataque microbiano (Torres, 2010).

La importancia y el interés por descubrir las capacidades de las plantas en poder desarrollar un mecanismo de defensa contra agentes patógenos ha llevado a investigadores a poner más atención en aquellas sustancias que hacen posible la

segregación de este tipo de compuestos llamados fitoalexinas con el fin de poder ayudar a combatir o reducir los niveles de daños causantes de grandes pérdidas económicas en los campos agrícolas (Torres, 2010).

Como resultado de varios trabajos de investigación muchas de las grandes empresas dedicadas a la producción de insumos agrícolas han puesto al mercado una gran variedad de compuestos que fungen como activadores de los mecanismos de defensa de las plantas o mejor conocidos como “inductores de resistencia”, se debe tener presente que este tipo de compuesto no erradican el patógeno como tradicionalmente lo hacen otros productos, sino más bien reducen la posibilidad de aparición de alguna enfermedad o minimizan los niveles de afectación por parte de esta hacia el cultivar. Algunos de los reactivos que se pueden encontrar en el mercado que fungen como inductores de resistencia son Ácido salicílico, Acibenzolar-S-Metil, Ácido Acetil-salicílico, Laminaria, Fosetil- Al, Ácido Jasmónico, Silicio, y fuentes a base de Fosfito de Ca, K, Mg, Cu o Na (Gómez & Reis, 2011).

De la diversidad de reactivos mencionados algunos de estos se han utilizado en evaluaciones de investigaciones contra agentes Fitopatógenos, los cuales han tenido una respuesta oportuna al momento de realizar la medición de los diferentes parámetros evaluados, está establecido que las aplicaciones continuas de este tipo de compuestos exógenos conducen a obtener una resistencia prolongada y mejorada en la planta, con el paso del tiempo (Thaku & Singh, 2012). Se tiene como referencia en base a trabajos de investigación que las moléculas Acibenzolar-S-Metil y Ácido Acetil-salicílico utilizados en los tratamientos para el manejo de Tobacco mosaic virus (TMV) en el cultivo de tomate, tuvieron los menores niveles de incidencia y severidad durante el desarrollo del cultivar bajo condiciones de invernadero (Pérez *et al.*, 2017), de igual manera se ha comprobado que los compuestos a base de fosfitos de potasio tienen efectos que interrumpen el desarrollo de agentes fitopatógenos mediante el bloqueo del metabolismo del patógeno, obteniendo como resultado la disminución de los niveles de severidad e incidencia en diferentes especies de cultivos (Aćimović *et al.*, 2016).

MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del experimento

El desarrollo de esta investigación se realizó dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila (25° 22'N y 101° 00' O, 1760 msnm), en los invernaderos correspondientes al Departamento de Parasitología.

3.2. Sitio de colecta

El inóculo se obtuvo de cultivares de tomate *Solanum lycopersicum* L. tipo saladette variedad Macizo, en producción bajo condiciones de invernadero, ubicados en la comunidad de San Gabriel, Amacuitlapilco perteneciente al municipio de Jonacatepec en el estado de Morelos, donde a los 45 DDT las plantas presentaron síntomas de clorosis, reducción de láminas foliares, así como también la aparición de tumores o ámpulas de color verde oscuro en las hojas del crecimiento apical (Figura 2).



Figura 2. Presencia de ToBRFV en invernaderos ubicados en el Estado de Morelos.

3.3. Diagnóstico con tiras inmunológicas para TMV

Para la detección presuntiva del virus se utilizaron tiras inmunológicas para el *Tobacco mosaic virus* (TMV) (Agdia®, EE. UU.) (Figura 3) a partir de muestras de hojas con síntomas asociados a ToBRFV, implementando el procedimiento sugerido por el fabricante.



Figura 3. Tiras inmunológicas agdia para detección de TMV.

3.4. Desarrollo de plántula

Para el desarrollo de la plántula variedad Rio Grande, esta se realizó en una charola de germinación de 200 cavidades con una mezcla homogénea de peat moss y perlita en una relación 1:1 (Figura 4A), después de ello se procedió a rellenar bolsas de polietileno con capacidad de 10 litros (Figura 4B) mismas que fueron colocadas en la instalación donde se desarrolló el experimento (Figura 4C). Las semillas se pusieron a germinar el día 15 de abril de 2022, Transcurridos 32 días las plántulas se llevaron a trasplante (Figura 4D), mismas que fueron regadas con una preparación de solución Steiner (1961), la aportación de nutrientes fue distribuida acorde a la etapa fenológica del cultivo desde el crecimiento vegetativo que fue al 25%, crecimiento vegetativo al 50%, floración y crecimiento de frutos al 75%, llenado de frutos y cosecha al 100% (Roque, 2019).



Figura 4. A) Plántula de tomate variedad Rio grande, B) mezcla de peat moos y perlita, C) llenado de maceta con el sustrato, D) trasplante de plántula, E) Distribución de los diferentes tratamientos.

3.5. Extracción del ToBRFV para inoculación

Para la extracción del virus se realizó la preparación de un buffer que contenía 8 gr de NaCl (Cloruro de sodio), 0.2 gr de KCl (Cloruro de potasio), 1.44 gr de NaHPO₄ (Fosfato de sodio), 0.2 gr de KH₂PO₄ (Difosfato de potasio) (Figura 5A), se aforó a 250 mL de agua destilada en un matraz de 1000 mL, ajustándola a un rango de pH de 7.2-7.4 (Figura 5B), posteriormente al buffer se le agregó 5 gramos del tejido vegetal de muestras (nervaduras) con síntomas de Virus rugoso marrón del tomate (ToBRFV) (Figura 5C), el cual fue macerado en su totalidad en un mortero de cerámica (Figura 5D). Después de ello, se realizó la inoculación mecánica.

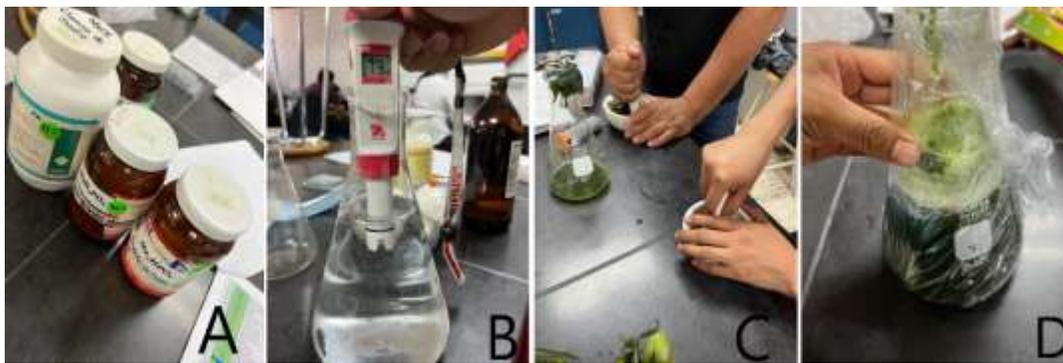


Figura 5. A) Reactivos utilizados para la preparación de solución amortiguadora, B) ajuste de PH a un rango de 7.2-7.4 C) macerado de la muestra con síntomas de ToBRFV, D) macerado con contenido de partículas virales de ToBRFV.

3.6. Inoculación

Para facilitar el proceso de infección, la inoculación se realizó a los 4 días después del trasplante donde como primer paso se espolvorearon dos folíolos con el abrasivo carborundo (Figura 6A), este con el fin de romper la epidermis y que las partículas virales penetraran en los tejidos celulares del folíolo; procedente a ello, un algodón fue embebido en el macerado de las nervaduras en el buffer de fosfatos, posteriormente se procedió a frotar delicadamente los folíolos de cada unidad experimental (Figura 6B).



Figura 6. A) Aplicación del abrasivo carborundo, B) inoculación de ToBRFV en cada unidad experimental.

3.7. Aplicación de tratamientos

Previamente a la inoculación los tratamientos a evaluar fueron aplicados con 24 horas de anticipación utilizando la dosis comercial recomendada, Actigar

(Acibenzolar-S-Metil): 30 gr/ha, (Xanil) FK: 2L/ha, FCu: 2L/ha, FCa: 2L/ha (Figura 7 A), todos se aplicaron vía foliar con el objetivo de generar mayor defensa a la planta ante la presencia del agente viral, para esto se utilizó un atomizador con capacidad de 0.5 L, y un cuadrante a base de cartón el cual sirvió como apoyo para evitar la deriva durante las aplicaciones (Figura 7B), como ya se ha mencionado la primera aplicación se realizó un día antes del trasplante posteriormente las siguientes aplicaciones se realizaron a los 3, 15 y 29 días después de la inoculación. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar de 6 tratamientos (T1 FK, T2 FCa, T3 FCu, T4 ASM, T5 Testigo sin inocular, T6 Testigo inoculado) con 6 repeticiones cada uno, considerados como unidad experimental una planta.



Figura 7. A) preparación de los tratamientos a las dosis recomendadas, B) aplicación de reactivos.

3.8. Variables a evaluar

Después de la inoculación con ToBRFV se realizaron lecturas semanales con el propósito de observar el progreso y desarrollo de la enfermedad, dentro de los registros se contemplaron el estudio de las variables incidencia de la enfermedad al no tener una escala de severidad como referencia se propuso la elaboración de la misma, basada en la aparición visible de cada uno de los síntomas del virus acorde a su evolución (**Cuadro 3**). Durante la toma de las variables anteriores también se obtuvo el registro de los niveles de concentración de clorofila en unidades SPAD, la

cual fue proporcionada por medio del uso de un concentrador de clorofila mismo que al instante nos proporciona la cantidad de nitrógeno contenido en el foliolo, así como también la temperatura interna en °C de este.

Con base a los registros de la lectura de severidad se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) con la fórmula propuesta por (Campbell & Madden, 1990).

$$ABCPE = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1} + 1}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

donde:

ABCPE es el área bajo la curva sobre el progreso de la enfermedad, y_i es la cantidad de tejido afectado (severidad) de parte del patógeno al cultivo, t es el tiempo en días y n es el número total de evaluaciones. El valor de ABCPE se expresa en porcentaje-días (siempre y cuando la severidad se exprese en porcentaje y el tiempo en días). Se establece que entre más alto sea el valor de ABCPE más devastadora y agresiva es la epidemia.

De igual manera se tomó registro de varios parámetros agronómicos como (DT) diámetro de tallo, (PFT) Peso fresco de la planta, (PFR) peso fresco radicular. El ABCPE y los parámetros agronómicos fueron procesados mediante un análisis de varianza, mientras que las medias fueron comparadas con la prueba LSD ($p \leq 0.005$) para el análisis se utilizó el programa estadístico SAS 9.1

Cuadro 3. Escala de severidad basada al grado de afectación por ToBRFV.

Grado de afectación	Síntoma que expresa
0	No presenta síntoma.
1	Ligeros mosaicos cloróticos.
2	Clorosis marcada.
3	Aparición de tumores o ámpulas.
4	Reducción de lámina foliar.
5	Enchinamiento.
6	Achaparramiento.
7	Ligera necrosis en foliolo.
8	Fruto manchado.
9	Fruto deforme.
10	Muerte de la planta.

3.9. Extracción de ARN y amplificación por RT-PCR

Para la realización del proceso de extracción del ARN del virus se utilizaron los materiales y métodos de RNeasy Plant Mini kit (QIAGEN, catálogo 74904) así como también su mismo procedimiento de realización **(Figura 8)**.

1. Como primer paso se inicia con el macerado de las muestras de tejido infectado tomando 100 mg de tejido vivo,
2. En segundo paso se le agregan 450 mL Buffer RLT o Buffer RLC a un máximo de 100 mg de tejido molido el cual se mezcla vigorosamente en un vortex.

3. Después de ello se transfiere el lisado a una columna de giro QIAshredder (lila) colocada en un tubo de recolección, al término de esto se centrifuga durante 2 minutos a máxima velocidad, el sobrenadante del caudal es transferido a un tubo de microcentrífuga teniendo la precaución de no perturbar la pastilla de residuos celulares.
4. Se agregaron 0.5 volúmenes de etanol (96-100%) al lisado eliminado y mezclando inmediatamente mediante pipeteo, no se centrifuga.
5. Se transfiere la muestra (generalmente 650 μ L), con cualquier precipitado, a una columna de giro RNeasy Mini (rosa) en un tubo de recogida de 2 mL (suministrado). Se centrifuga durante 15 s a 8000 x g ($\geq 10\ 000$ rpm). Se desecha el flujo.
6. Se añadió 700 μ L Buffer RW1 a la columna de giro RNeasy. Cierra la tapa y centrifuga durante 15 s a ≥ 8000 x g. Se desecha el flujo.
7. Se añadió 500 μ L Buffer RPE a la columna de giro RNeasy. Cierra la tapa y centrifuga durante 15 s a 8000 x g. Se desecha el flujo.
8. Se agregó 500 μ L Buffer RPE a la columna de giro RNeasy. Se cerró la tapa y centrifugó durante 2 minutos a 8000 x g.
9. Se colocó en la columna de centrifugado RNeasy en un nuevo tubo de recolección de 1,5 mL (suministrado). Agregue 30-50 μ L de agua sin RNasa directamente a la membrana de la columna de espín. Cierra la tapa y centrifuga durante 1 minuto a 8000 x g para eludir el ARN.

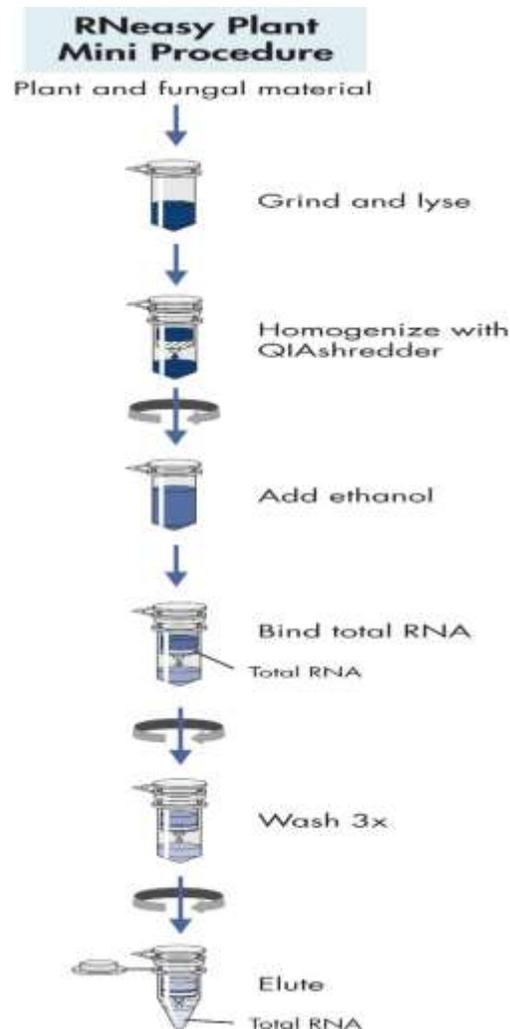


Figura 8. Procedimiento RNeasy Plant Mini Kit.

La determinación del ToBRFV se realizó mediante la técnica de RT-PCR, la cual se desarrolló con el kit AMPIGENE® qPCR 1-Step Green Kit Lo-Rox (Enzo®), la preparación de la reacción se desarrolló según las recomendaciones del fabricante; donde la mezcla de reacción se le añadieron 0.8 μL de primer F-3666 (5'-ATGGTACGAACGGCGGCAG-3') y 0.8 μL de primer R-4718 (5'-CAATCCTTGATGTGTTTAGCAC-3') (Luria *et al.*, 2017). El programa para la reacción del termociclador se modificó según las sugerencias del fabricante: reverso-transcripción 45°C, seguido de desnaturalización inicial a 95 °C por 2 min, 40 ciclos de desnaturalización 95 °C por 5 segundos, alineación 60-65 °C por 30 s, extensión 72°C por 30 s, y un ciclo de extensión final 72 °C por 10 min.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Detección con tiras inmunológicas

Para la detección presuntiva del virus se utilizaron tiras Inmunológicas (Agdia®, EE. UU.) (Figura 9) donde las muestras de hojas con síntomas asociados a ToBRFV, las cuales dieron positivo a TMV, con estos resultados sugieren que la infección pertenecía a alguna especie de Tobamovirus debido a su estrecha relación serológica entre las especies de este género (Wilstermann & Ziebell, 2019; Gonzales, 2020).



Figura 9. Tiras inmunológicas marca Agdia®, EE. UU. utilizadas para detección de TMV.

4.2. Severidad

Con referencia a la aparición de los síntomas los cuales se presentaron en todos los tratamientos evaluados (FK, FCa, FCu, ASM), el testigo negativo (sin inocular) y el testigo positivo (inoculado sin tratamiento), siendo hasta el día 10 ddi (días después de la inoculación) la aparición de los primeros síntomas de ToBRFV fueron en los tratamientos Fcu y ASM, donde las plantas manifestaron; aparición de ámpulas color verde oscuro (Figura 10A), a los 21 ddi las plantas tratadas mostraron reducción de lámina foliar oscuro (Figura 10B), enchinamientos (Figura 10C), adicionalmente la aparición de ámpulas o tumores de color verde oscuro de igual

forma ligeras necrosis en los foliolos y brotes. achaparramientos (Figura 10D), ligeras necrosis en foliolos, aparición de ámpulas de color verde oscuro, además de arrugamientos en las hojas, síntomas similares reportados por (Gonzales, 2020) quien a los 50 días ddt observo estos síntomas por infección natural en invernaderos comerciales, cabe destacar que el día en que se presentan estos síntomas difieren a los nuestros debido a que nuestra investigación se realizó a través de una inoculación artificial. La aparición de los síntomas del virus inoculado fue exitosa, debido a la adecuada inoculación de partículas virales en los tratamientos evaluados, siendo ASM y FCu los primeros en manifestar síntomas (Cuadro 4).



Figura 10. A) Ámpulas color verde oscuro, B) Reducción de lámina foliar, C) Enchinamiento, D) Achaparramiento.

En tanto a la variable severidad los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. El FK fue el tratamiento con la menor afectación por la presencia del virus, resultados similares fueron obtenidos por Hernández *et al.*, (2021); donde reportan que los fosfitos de potasio en conjunto con compuestos activadores de proteínas de resistencia sistémica utilizados durante el manejo de TMV (*Tobacco mosaic virus*) redujeron significativamente los niveles de severidad a los 38 días después de la inoculación, de igual manera Mogollón & Castaño., (2011), reportan que el tratamiento FK redujo el índice de severidad sobre *Mycosphaerella fijiensis* y *M. musicola* en plántulas de Dominico-

Hartón al igual que un fungicida comercial. Por consiguiente, el tratamiento ASM demostró reducción de severidad similar a los resultados obtenidos en las evaluaciones de Hernández *et al.*, (2021) cuyos resultados estuvieron sujetos a la combinación con compuestos de origen natural (terpenoides, alcaloides, polifenoles, ácidos carboxílicos, Salicilatos de potasio, antioxidantes) bacterias de la especie *Bacillus subtilis*, así como de proteínas harp.

Cuadro 4. Comparación de análisis de medias de ABCPE.

Tratamiento	ABCPE*
FCa	315.00 ± 32.76 BA
FCu	336.00 ± 45.09 A
FK	277.08 ± 25.47 B
ASM	309.17 ± 59.83 BA
T. positivo	310.92 ± 24.29 BA
T. absoluto	0.00 ± 0.00 C
<i>p</i>-valor	0.0001

* Las medias en la columna con la misma letra no muestran diferencia significativa ($p > 0.05$). Dónde: FCa: Fosfito de Calcio; FCu: Fosfito de Cobre; FK: Fosfito de potasio; ASM: Acibenzolar-S-Metil.

4.3. Confirmación de infección por RT-PCR

Cabe señalar que la infección de las plantas inoculadas fue confirmada por RT-PCR cuando las plantas contaban con al menos 30 ddi, obteniéndose un producto de 1052 pb (Figura 11), con los primer F-3666 y R-4718 como lo señala Luria *et al.*, (2017)

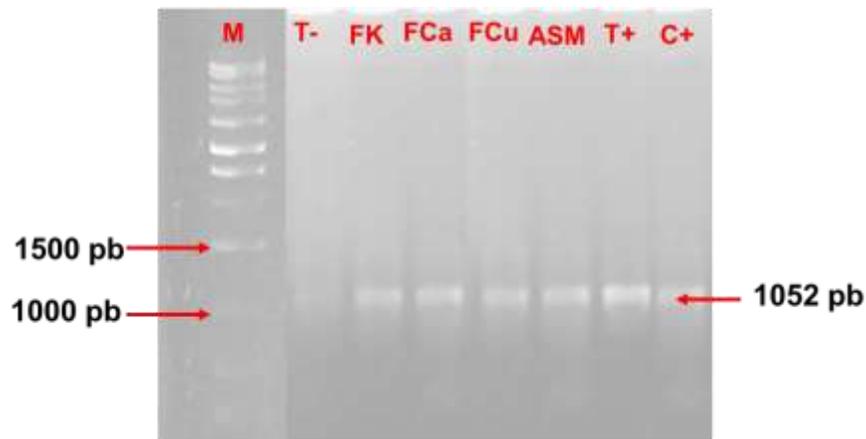


Figura 11. Gel de agarosa para la detección del ToBRFV. M: Marcador de peso molecular, T-: testigo negativo, FK: Fosfito de potasio, FCa: Fosfito de calcio, FCu: Fosfito de cobre, ASM: Acetil- S-Metil, T+: Testigo positivo, C+: Control negativo. S-Metil, T+: Testigo.

4.4. Parámetros agronómicos

4.4.1. Diámetro de tallo

Para el parámetro diámetro del tallo el tratamiento FCa obtuvo el mayor diámetro, logrando un incremento del 10% en comparación a los resultados obtenidos por el testigo inoculado, esto siendo el ASM Y Fcu los tratamientos que registraron los menores DT, con una reducción del DT ligeramente mayor al 20 %; cabe destacar que los datos obtenidos difieren a los de Roque *et al.*, (2022), quienes registraron un incremento en el DT con la aplicación de FMn, FCa, FZn, FK, FMg, FCu y ASM, en plantas inoculadas con *Candidatus Liberibacter solanacearum*.

4.4.2. Peso fresco de la raíz

Dentro de este parámetro todos los tratamientos mostraron diferencias significativas en comparación al testigo absoluto, sin embargo, el inductor Fca fue el que mejor respuesta presentó al tener el peso más alto seguido por el tratamiento FK, comparados con el resto de los tratamientos, esto coincide con Cervera *et al.* (2007) donde afirman que al aplicar fosfitos de calcio y de potasio en una dosis de 0.3%

sobre aguacate (*Persea americana* Mill) cv. Hass para el control de *Phytophthora cinnamomi* alcanzaron un mayor peso y sistema radicular, contrario a dicha afirmación Jackson *et al.* (2000) reportan que la aplicación de fosfitos como tratamiento para plantas de *Eucalyptus marginata* he inoculadas con *Phytophthora cinnamoni* reducen el peso y la capacidad de crecimiento del sistema radicular.

4.4.3. Peso fresco de la Planta

Para el parámetro PFP la aplicación de los fosfitos registraron diferencias significativas entre los tratamientos; en cambio el tratamiento FK sobresalió al obtener un incremento del PFP (148.20 ±117.01 gr) pues registró un aumento del 23.29% en comparación al testigo inoculado. Datos similares registró Cortez *et al.* (2018) donde reportan que plantas de piña inoculadas con *Phytophthora* sp. tratadas con fosfitos obtuvieron un incremento del 20% en el parámetro de PFP. Por otra parte, el tratamiento ASM fue el que registró los pesos más bajos con una disminución 83.2%; lo anterior coincide con lo obtenido por Roque *et al.* (2022) esto al evaluar la aplicación de ASM y registrar una reducción del 64.6% en plantas inoculadas con *Candidatus Liberibacter solanacearum*.

Cuadro 5. Comparación de análisis de medias de DT (diámetro de tallo) PFR (peso fresco radicular) y PFP (peso fresco de la planta).

Tratamiento	DT	PFR	PFP
FCa	6.82 ± 1.41 AB	6.80 ± 6.50 B	121.20 ± 96.87 B
FCu	4.92 ± 1.04 C	3.40 ± 1.67 B	70.00 ± 71.50 B
FK	5.95 ± 1.00 BC	3.40 ± 1.14 B	148.20 ± 117.01 B
ASM	4.95 ± 0.73 C	1.60 ± 0.54 B	20.20 ± 3.63 B
T. positivo	6.20 ± 0.54 BC	6.00 ± 4.24 B	120.20 ± 50.83 B
T. absoluto	8.00 ± 0.92 A	30.20 ± 17.13 A	310.20 ± 165.20 A
<i>p</i> -valor	0.0003	0.0001	0.0027

* Las medias en la misma columna con la misma letra no muestran diferencia significativa ($p > 0.05$). FCa: Fosfito de Calcio; FCu: Fosfito de Cobre; FK: Fosfito de potasio; ASM: Acibenzolar-S-Metil.

4.4.4. Altura de la Planta

Para el parámetro altura de planta (Cuadro 6) el tratamiento FK y FCa fueron los de mejor respuesta respecto al testigo absoluto, siendo el FCu y ASM los tratamientos que menor desarrollo de altura presentaron; datos similares reportó Roque *et al.* (2022) quien al evaluar FMn, FCa, FZn, FK, FMg, FCu y ASM, en plantas de tomate inoculadas con *Candidatus Liberibacter solanacearum* obtuvo incremento en la altura de la planta respecto al testigo inoculado, de igual manera; Mogollón & Castaño, (2011) reportan un incremento de altura en los tratamientos tratados con FK en plántulas de plátano Dominico-Hartón, inoculadas con *Mycosphaerella fijiensis* y *M. musicola*, por otra parte el tratamiento ASM obtuvo una disminución del 36% en comparación al testigo, datos similares obtenidos por Roque *et al.* (2022) quien al evaluar FMn, FCa, FZn, FK, FMg, FCu y ASM, en plantas de tomate

inoculadas *Candidatus Liberibacter solanacearum* quien obtuvo una disminución del 67% en comparación al testigo.

Cuadro 6. Comparación de análisis de medias de ALTP (altura de la planta) CLF (fluorescencia clorofilica), N (concentración de nitrógeno) y NF (número de frutos).

Tratamiento	ALTP	CLF	N	NF
FCa	100.35±39.72 AB	26.95±2.83 AB	8.80±1.20 AB	2.75±2.21 AB
FCu	82.98±52.01 B	19.65±3.75 ABC	6.52±1.49 BC	3.25±1.89 AB
FK	116.53±28.02 AB	23.45±2.42 ABC	6.65±1.85 BC	4.50±3.10 AB
ASM	60.05±3.51 B	14.80±4.68 C	6.65±1.61 BC	1.75±1.25 B
T. positivo	118.93±25.20 AB	17.60±8.40 BC	4.07±1.04 C	3.75±0.95 AB
T. absoluto	164.30±38.60 A	30.12±3.54 A	9.77±0.60 A	7.00±2.16 A
<i>p</i> -valor	0.0102	0.0018	0.0003	0.0345

* Las medias en la misma columna con la misma letra no muestran diferencia significativa ($p > 0.05$). FCa: Fosfito de Calcio; FCu: Fosfito de Cobre; FK: Fosfito de potasio; ASM: Acibenzolar-S-Metil.

4.4.5. Determinación de clorofila (Unidades SPAD)

Dentro de esta variable los mejores tratamientos fueron el FCa y FK, en tanto que sus resultados mostraron un incremento de 53.12% y 33.23% (Cuadro 6) respectivamente comparados con el testigo inoculado; datos similares obtenidos por Cervera *et al.* (2007), quien reporta que al evaluar fosfitos de potasio, calcio y magnesio para el control de *Phytophthora cinnamomi* en aguacate (*Persea americana* Mill) CV. Hass, se obtuvo un mejor rendimiento fotosintético en los tratamientos evaluados con FCa y FK; según Rodríguez, (2017) los fosfitos tienen efecto nutricional debido a la aportación de fósforo y el ion que contenga, lo que con lleva a la producción de fitoalexinas y quitinasas, el reforzamiento de la pared

celular, mayor protección a las células ante los rayos UV, así como también un mayor incremento en la concentración de clorofila.

4.4.6. Contenido de Nitrógeno

Dentro del parámetro contenido de N el tratamiento FCa fue el que mayor Nitrógeno registró, siendo 2.16 veces más alto en comparación al testigo positivo; respecto al resto de los tratamientos todos fueron superiores al testigo positivo, los datos obtenidos respecto a las concentraciones de N, son respuesta a los niveles favorables de clorofila, presentados en las hojas de cada unidad experimental Rodríguez, (2017).

4.4.7. Número de Frutos

Dentro de este parámetro no se contempló el tamaño, peso o calidad del fruto mientras tanto el tratamiento FK obtuvo el mayor número de frutos teniendo un incremento del 20% en comparación al testigo inoculado (Cuadro 6), datos similares reporta; Lobato *et al.*, (2011) donde reporta un incremento en el rendimiento del 13.34% en 3 ensayos evaluados con PK en tubérculos de papa para el control de *Phytophthora infestans*, *Fusarium solani* y *Erwinia carotovora*.

CONCLUSIONES

La aplicación de Fosfito de potasio (FK) utilizado para el manejo de ToBRFV lograron generar una respuesta favorable debido a que se redujo considerablemente los niveles de daño (severidad), así mismo fue eficiente en las variables PFP, ALTP y NF. Adicionalmente el tratamiento FCa fue sobresaliente pues registro las mejores lecturas de DT y PFR en comparación al resto de los tratamientos.

Con base a los resultados de esta investigación podemos señalar que el FK y FCa podrían ser implementados dentro de un programa de manejo integrado para ToBRFV y otros agentes fitopatógenos, mientras se espera la pronta aparición de un material genético resistente.

REVISIÓN DE LITERATURA

- Ácimović, S., VanWoerkom, A., Garavaglia, T., Vandervoort, C., Sundin, J. W., & Wise, J. C. (2016). Seasonal and Cross-Seasonal Timing of Fungicide Trunk Injections in Apple Trees to Optimize Management of Apple Scab. *100 (8)*: 1606-1616. Obtenido de Planta Dis: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30686216/>
- Acuña, I., Bravo, R. G., Muñoz, M., Olivares, R., Sagredo, B., Sandoval, C., . . . Gatica, J. (2019). Tizón tardío de la papa: Estrategias de Manejo Integrado con Alertas Temprana. Obtenido de INIA: *2(1)* 22 [https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6777/Bolet%*c3*%adn%*20*INIA%*20*N%*c2*%*b0*%*20*399?sequence=1&isAllowed=y](https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6777/Bolet%c3%adn%20INIA%20N%c2%b0%20399?sequence=1&isAllowed=y)
- Agricultura en México. (2015). Importancia del cultivo de jitomate en México. Obtenido de Agricultura en México: <https://hidroponia.mx/importancia-del-cultivo-de-jitomate-en-mexico/>
- Armstrong, A., & Cabrera, I. (2006). Insectos y su Manejo Integrado. Obtenido de <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/BERENJENA-Insectos-v2006.pdf>
- Badii, M., Landeros, J., & Cerna, E. (2010). Regulación Poblacional de Ácaros Plaga de Impacto Agrícola. *International Journal of Good Conscience.*, *5(1)* 270-302.
- Barranco, V. (2003). Dípteros de interés agronómico. Obtenido de Agromicidos plaga de cultivos hortícolas intensivos. *5(33)* 293 – 307 http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_33/B33-054-293.pdf
- Berenguer, J. (2003). Manejo de cultivo de tomate en invernadero. Celaya Guanajuato, México: Castellanos J.Z y Muños R. J.J. pág. 85
- Brown, J. (1993). Evaluación crítica sobre los biotipos de Mosca Blanca en America de 1989 a 1992. En: *Las Moscas Blancas. 5 (1)* pág. 77-86 (*Homoptera: Aleyrodidae*) en América Central y el Caribe. Costa rica: CATIE. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000100007&lng=es&nrm=iso. ISSN 2007-0934.
- Buch, M., & Villanueva, R. (2019). Efectividad y determinación de dosis y frecuencia de aplicación de tres biocidas DefenZyme y Seacrop 16 en el control de tizón tardío (*Phytophthora infestans* L.) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicon* L.). ENCA Guatemala, pp. 1-3.

- CABI. (2018). Crop Protection Compendium. *Tuta absoluta*. Obtenido de Tuta absoluta: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.49260>
- Cambrón, J., Rodríguez, J., Valencia, J., Alcasio, S., CDJ, G., Lopez, J., & DL., O. (2018). Primer Reporte del Virus del Fruto Rugoso Pardo del Tomate (ToBRFV) en Michoacán, México. *Rev. Méx. Fitopatología*, 3(7), 185-192.
- Carapia, V., Sanchez, O., & Castillo, A. (2017). Descripción de una especie nueva del género *Tetraleurodes Cockerell* (Hemiptera: *Aleyrodidae*) de México. 33(2), 243-250 Obtenido de *Acta zoológica mexicana*: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-17372017000200243&script=sci_abstract
- Cepeda, M. (2009). El Tomate rojo cultivo y control parasitológico. México, DF.: Trillas. 55-62
- Cervera, M., Cautín, R., & Jeria, G. (2007). Evaluación del fosfito de calcio, potasio, y magnesio en el control de *Phytophthora cinnamomi* en paltos (*Persea americana* Mill) CV. Hass plantados en contenedor. 2(3) 36. Obtenido de Profertil: <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/evaluacion-del-fosfito-calcico-potasico-y-magnesico.pdf>
- Chalupowicz, L., Barash, I., Reuven, M., Dror, O., Sharabani, G., Gartemann, k., . . . Manulis- Sasson, S. (2017). Differential contribution of *Clavibacter michiganensis* ssp. *Michiganensis* virulence factors to systemic and local infection in tomato. *Mol. Plant pathol*, 336-346.
- Chitambar, J. (2018). Tomato Brown Rugose Fruit Virus. Obtenido de California Department Of Food And Agriculture: 3(1) 34-38 <https://blogs.cdffa.ca.gov/Section3162/?p=5843>
- Cruz, J., Sosa, N., Vera, A., & Chavez, J. L. (2023). Diversidad biocultural de. Obtenido de CICY: 2(55) 74-77 https://www.researchgate.net/profile/Jose-Luis-Chavez-Servia-2/publication/367462760_Diversidad_biocultural_de_tomate_nativo_en_Oaxaca_Mexico/links/63d3502564fc860638ee8119/Diversidad-biocultural-de-tomate-nativo-en-Oaxaca-Mexico.pdf
- De León, L., Siverio, F., Lopez, M. M., & Rodríguez, A. (2011). *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, a seedborne tomato pathogen: healthy seed are still the goal. *Plant Dis.*, (95), 1328-1338.
- Díaz, J., Lozoya, Hector, Sahagún, J., & Peña, A. (2014). The Pathosystem *Solanum tuberosum* L.-*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in Chapingo, Mexico.

- 91,312–326. Obtenido de Revista estadounidense de investigación de la papa: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12230-013-9351>
- EPPO. (2020). Erradicación del virus de la fruta rugosa parda del tomate en Polonia. Obtenido de EPPO: <https://gd.eppo.int/reporting/article-6878>
- EPPO. (2022). Erradicación del virus de la fruta rugosa parda del tomate en Estonia. Obtenido de EPPO: <https://gd.eppo.int/reporting/article-7317>
- Escobar, H., & Lee, R. (2009). Manual de Producción de Tomate en Invernadero. https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/publication/field_attached_file/pdf-manual_produccion_de_tomate_-_pag.-_web.pdf
- Estay, P. (2018). Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades. Obtenido de INIA: 11-15. https://web.inia.cl/mateo/files/2018/09/FICHA_INIA_08.pdf
- FAO. (2013). El cultivo de Tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/3/i3359s/i3359s.pdf>
- FAO. (2021). Datos sobre alimentación y agricultura. Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Figueroa, B., Gonzáles, F., Jaimes, A. E., Bárcena, R., Becerril, A., & Sánchez, E. (2005). Producción de jitomate en invernadero. Texcoco, Estado de Mexico: Colegio de postgraduados. 4(3) pp.447-460.
- Garcia, J. U., & Bocanegra, D. A. (2018). Análisis de Riesgo para el Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) en México. Obtenido de SENASICA: <http://sinavef.senasica.gob.mx/Eventos/Content/Multimedia/Analisis%20de%20Riesgo%20para%20el%20ToBRFV.pdf>
- García, R., Diaz, A., Aguilar, V., & Tovar, J. (2022). Virus de Impacto Económico en Cultivos de Tomate en México: Del Diagnóstico al Manejo. SIC. 6-14.
- Garza, U. E. (2022). Manejo Integrado de las Plagas del Jitomate en la planicie Huasteca. INIFAP, Folleto Técnico Núm. 9. San Luis Potosí, México. 31. Obtenido de INIFAP.
- Gómez, D., & Reis, E. (2011). Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos. Química Viva, 6-17.
- Gonzales, L. F. (2020). Detección y Distribución Espacio-Temporal del Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) en invernaderos comerciales de tomate

(*Solanum lycopersicum*). (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma del Occidente, Los Mochis, Sinaloa, México. 5(2) 39-46

González, L. F., Ramírez, G. J., García, R., Rebollar, A., & Manuel, T. J. (2021). Análisis espaciotemporales del virus de la fruta rugosa parda del tomate en invernaderos comerciales de tomate. *Agronomy*. 4(1)11.

Gugole, O. (2013). Manejo integrado de la plaga *Tetranychus urticae* (Acari: *Tetranychidae*) en cultivos de frutilla del Cinturón Hortícola Platense. (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires, Argentina. 23-29.

Gutiérrez, R. (2017). Detección de "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" en Poblaciones de. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.38-45.

Hassen, I., Mumford, R., Blystad, I. C., Hasiow-Jaroszewska, B., Hristova, D., & Ravnikar, M. (2010). Seed transmission of *pepino mosaic virus* in tomato. *Eur. J. Plant Pathol*,126-145.

Haviland, D., & Trumble, J. (2019). Potato Psyllid. Obtenido de UC IPM: <https://ipm.ucanr.edu/agriculture/potato/potato-psyllid/>

Hernández, S., Vargas, M., & Zamora, E. J. (2021). Evaluación de inductores de resistencia al TMV en tomate. Obtenido de Revista mexicana de ciencias agrícolas. 11(2), 377-390 https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342020000200377&script=sci_arttext#B20

Horowitz, A., Antignus, Y., & Gerling, D. (2011). The whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: *Aleyrodidae*) interaction with geminivirus infected host plants. Obtenido de Management of *Bemisia tabaci* Whiteflies: <file:///C:/Users/aguil/Downloads/Horowitzetal.Managementfinaldraft2011.pdf>

INRAE. (2021). *Xanthomonas* spp. Costra bacteriana. Obtenido de Ephytia: <http://ephytia.inra.fr/es/C/5043/Tomate-Xanthomonas-vesicatoria-Costra-bacteriana>

INTA. (2018). Enfermedades del cultivo del Tomate. INTA, 3-12.

Isela, G. (2019). Tizón Temprano del Tomate. Obtenido de Cropaia: <https://cropaia.com/es/blog/tizon-temprano-del-tomate/>

Jackson, T., Burgess, T., Colquhoun, I., & Hardy, G. (2000). Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. Obtenido de Plant Pathology: https://www.researchgate.net/publication/224981299_Action_of_the_fungici

de_phosphite_on_Eucalyptus_marginata_inoculated_with_Phytophthora_cinamomi

- Jamarillo, J., & Arias, M. (1997). Hortalizas, Manual de asistencia Técnica No.28. 4(3), 24-32.
- Jirón, R. L., Nava, U., Jimenez, F., Alvarado, O. G., Ávila, V., & García, J. L. (2016). Densidades de *Bactericera cockerelli* (Sulc) e Incidencia del “Permanente del Tomate” en Diferentes Condiciones de Producción del Tomate. Obtenido de BIO ONE COMPLETE: https://www.researchgate.net/publication/311215358_Densidades_de_Bactericera_cockerelli_Sulc_e_Incidencia_del_Permanente_del_Tomate_en_Diferentes_Condiciones_de_Produccion_del_Tomate
- Kant, P., Martin, J., Islam, R., & Reinprecht. (2011). Integration of biotechnologies: disease resistance pathology Fusarium. In: Moo-Young M. Obtenido de Comprehensive Biotechnology, second edition, Elsevier, Amsterdam.: file:///C:/Users/aguil/Downloads/DiseaseResistance_Pathology_FusariumB9780080885049002634.pdf
- León, H. (1980). El cultivo de tomate para consumo fresco en el valle de Culiacán. Culiacán.48-57.
- Levitzky, N., Smith, E., Lachman, O., Luria, N., Mizrahi, Y., & B. H. (2019). The bumblebee *Bombus terrestris* carries a primary inoculum of Tomato brown rugose fruit virus contributing to disease spread in tomatoes. PLoS ONE 14(1), 55-58.
- Lobato, M., Machinandiarena, M., Tambascio, C., Dosio, G., Caldi, D., Daleo, G., . . . Olivieri, F. (2011). Eur J Plant Pathol. Obtenido de Effect of foliar applications of phosphite: <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1007/s10658-011-9741-2>
- Luis Nolasco, J. M. (2020). Métodos de identificación del virus de la fruta rugosa marrón del tomate. Obtenido de Agronomía Mesoamericana 31(3) 837-840. <https://www.redalyc.org/journal/437/43764233030/43764233030.pdf>
- Maeso, D., & Silvera, E. (2019). Aportes Experimentales para el manejo de la Necrosis de la médula del Tomate. INIA-N°59, 67-68-69.
- MAG. (2010). Actualidad Fitosanitaria. Obtenido de MAG: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual>
- Martinez, S. (2021). El tomate fuente de salud. Obtenido de Alimenta: <https://www.dietistasnutricionistas.es/tomate-fuente-salud/>

- Mogollón, Á., & Castaño, J. (2011). Efecto de Inductores de Resistencia en Plántulas de Plátano Dominicano-Hartón (*Musa balbisiana*) contra *Mycosphaerella* spp. Obtenido de Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 35 (137) pág. 463-471. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082011000400005
- Muñoz, M. (1995). Desarrollo de ventajas competitivas en la agricultura: el caso del tomate rojo. Universidad de Texas: Universidad Autónoma Chapingo. 148-152.
- Nandi, M., Macdonald, J., Liu, P., Weselowski, B., & Yuan, Z.-C. (2018). *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis*: bacterial canker of tomato, molecular interactions and disease management. *Mol. Plant Pathol*, 2(19), 2036-2050.
- Neta, L., Smith, E., Reingold, V., Bekelman, I., Lapidot, M., Levin, I., . . . Sela, N. (2017). Un nuevo aislado de tobamovirus israelí infecta plantas de tomate que albergan genes de resistencia Tm-2 2. Obtenido de PLOS ONE: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0170429#sec001>
- Nuez, F., Rodriguez, A., Tello, J., Cuartero, J., & Segura, B. (1995). El cultivo del tomate. México, DF: Mundi-Prensa. 6(3), 36-45.
- Núñez, F., & Sandoval, C. (2011). Biología de la Enfermedad del Tizón Temprano. Obtenido de INIA: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6552/NR40565.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Obregón, V. (2018). Guía para la Identificación de las Enfermedades de Tomate en Invernadero. Obtenido de INIA: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_guia_para_la_identificacion_de_enfermedades_de_tomate_en_invernadero.pdf
- OIRSA. (2010). Manual de Procedimientos para la Encuesta de Detección de la Palomilla del Tomate *Tuta absoluta* Meyrick en cultivo de Tomate Establecido Bajo Condiciones de Campo e Invernadero en los Países que comprenden la Región del OIRSA. 4(2), 134-152.
- OIRSA. (2015). El psílido de la papa y tomate *Bactericera* (Paratrioza) *cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: *Triozidae*): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la región del OIRSA. San Salvador, El Salvador.: Corporativo Editorial Tauro S.A. de C.V.
- Ojiambo, P., Gent, D., Quezada, L., Hausbeck, M., & Holmes, G. (2015). Epidemiology and Population Biology of *Pseudoperonospora cubensis*: A

Model System for Management of Downy Mildews. Obtenido de ANNUAL REVIEWS: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-phyto-080614-120048>

Oladokun, J., Halabí, H., Barua, P., & Nath, P. (2019). Enfermedad del fruto rugoso pardo del tomate: distribución actual, conocimiento y perspectivas de futuro. Obtenido de Plant Pathology: <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ppa.13096>

Pérez, M., García, P., Durán, Y., Luna, A., Loera, E., & Pérez, A. (2017). Control alternativo de virosis en jitomate en un invernadero comercial de Zacatepec, Morelos. *1(1)*, 1-12. Obtenido de Revista Mexicana de Fitosanidad.: <https://docplayer.es/53427061-Alternative-control-of-viruses-in-tomato-in-a-commercial-greenhouse-of-zacatepec-morelos.html>

Realpe, J. (2010). Evaluación de la eficiencia de fungicidas protectantes y sistémicos para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa en San Pedro de Huaca Provincia del CArchi. (Tesis de Postgrado). Universidad Técnica del Norte, Ecuador. *2(2)*, 38-43.

Reséndiz, B., & Castillo, O. (2018). Biología del ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch. (acaril: *Tetranychidae*) en laboratorio de Chapingo Estado de México. Obtenido de Aracnología y Acarología. (5) 40-45 Entomología Mexicana: <https://docplayer.es/107264243-Biologia-del-acaro-de-dos-manchas-tetranychus-urticae-koch-acari-tetranychidae-en-laboratorio-en-chapingo-estado-de-mexico.html>

Rodriguez, F. (2017). Información técnica, Universidad autónoma Chapingo, Suelos, México. Obtenido de El fosfito: Frontera entre la nutrición de cultivos y el control de plagas y: https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Quimica%20y%20Agronomia%20T-I/HCQA_TI_6.pdf

Rodriguez, R., Tabares, J. M., & Medina, J. A. (2001). Cultivo Moderno Del Tomate. Madrid, España: Mundi-Prensa. *2(6)*, 38.

Roque, A. (2019). Efecto de fosfitos como inductores en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Inoculadas con *Candidatus Liberibacter solanacearum*. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. *3(5)*, 18-29.

Rueda, A., & Shelton, A. (2018). Tizón tempano del Tomate. Obtenido de Entomology: <https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/43271/early-blight-potatoes-FS-NYSIPM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- SADER. (2022). El jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial. Obtenido de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-jitomate-hortaliza-mexicana-de-importancia-mundial?idiom=es#:~:text=El%20jitomate%20es%20uno%20de,B1%2C%20B2%2C%20y%20C>.
- SADER. (2022). Escenario mensual de productos agroalimentarios. Obtenido de Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/732608/Jitomate_Mayo.pdf
- Salas, A. L., Osorio, E., Espinoza, C. R., Segura, T., Neri, E., & Estrada, B. (2022). Principales enfermedades del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de campo. *Ciencia Latina*, Volumen 6 (1), 87-102.
- Salem, N., Mansour, A., Ciuffo, M., Falk, B., & Turina, M. (2016). A new tobamovirus infecting tomato crops in Jordan. *Arch. Virol*, 4 (1), 503-506.
- Sanabria, N. (2010). Control de Enfermedades. Obtenido de UCV: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Fitopatologia/Control_de_Enfermedades_2010_.pdf
- Santos, B., & Perera, S. (2010). Cabildo Tenerife. Servicio Técnico y Desarrollo Rural Área de Aguas y Agricultura. Obtenido de Medidas de control de la Palomilla del tomate (Tuta absoluta): <http://ww16.agrocabildo.com/?sub1=20230217-0932-4107-9ef7-37fcfd3dff39>
- Santos, M., Dianéz, F., Cara, M., & Tello, J. (2004). Tomates. Producción y Comercio. Obtenido de Ediciones Horticultura. España.: http://www.cedrssa.gob.mx/post_la_produccion_y_el_comercio_del_-tomate-n.htm
- Secker, A., Bedford, I., Markham, P., & William, M. (1998). Squash, a reliable field indicator for the presence of B biotype of tobacco whitefly, *Bemisia tabaci*. In: Brighton Crop Protection Conference: Pests and Diseases. British Crop prote. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600965/Mosquita_blanca.pdf
- Segura, B., & Torres, G. (2020). Evaluación de planes de manejo de *Fusarium oxysporum* f. sp en plantas de tomate, bajo condiciones controladas. (Tesis de Maestría). ECAPMA, Bogotá. 35-45.
- SENASICA. (2020). Panorama Nacional del Virus del Fruto Rugoso del Tomate. SENASICA, 1-3.

- SIAP. (2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Obtenido de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).: <https://www.gob.mx/agricultura>
- Steck, G. (2011). Pea Leafminer, *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Insecta: Diptera: *Agromyzidae*). Obtenido de UF (University of Florida): https://www.researchgate.net/publication/238710606_Pea_Leafminer_Liriomyza_huidobrensis_Blanchard_Insecta_Diptera_Agromyzidae1
- Stefano, P., Carusso, A., Lo Bosco, G., & Rangel, E. D. (2020). Propagación del virus de la fruta rugosa parda del tomate en Sicilia y evaluación de la dispersión espaciotemporal en condiciones experimentales. *10(6)*, pág. 834 Obtenido de MDPI: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/6/834>
- Suárez, H. D., & Bolaño, R. E. (1999). Manejo de la Mosca Blanca. *Corpoica Reginal 3(2)*, 27.
- Takamatsu, S. (2013). Origin and evolution of the powdery mildews (Ascomycota, Erysiphales). *ScienceDirect, 1(2)*,75-86.
- Técnico agrícola. (2013). La Tula absoluta el gusano minador del tomate. Obtenido de Técnico agrícola: <https://www.tecnicoagricola.es/la-tuta-absoluta-el-gusano-minador-del-tomate/#:~:text=La%20Tuta%20absoluta%2C%20el%20gusano,el%20100%25%20de%20la%20cosecha.>
- Thaku, M., & Singh, B. (2012). Papel de los elicitores en la inducción de resistencia en plantas contra la infección por patógenos: una revisión. Obtenido de Hindawi: <https://doi.org/10.1155/2013/762412>
- Torres, L. D. (2010). Detección de Fitoalexinas en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) En respuesta a inoculación con aislamientos de actinomicetos. (Tesis de Maestría). PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Bogotá. 33-38.
- UC IPM. (2017). Tomato pinworm, *Keiferia lycopersicella*. Obtenido de UC IPM: <https://ipm.ucanr.edu/PMG/GARDEN/VEGES/PESTS/tompinworm.html>
- Valenzuela, F., Bautista, N., Lomeli, J. R., Valdez, J., Cortez, E., & Palacios, R. (2010). Identificación y fluctuación poblacional del minador de la hoja *Liriomyza trifolii* en chile jalapeño en el norte de Sinaloa. Obtenido de Acta Zoológica Mexicana: *4(5)*,138. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000300006
- Villalobos, S., Gonzalez, E., & Dorantes, R. (2013). Prevención de cenicilla con azufre sublimado en pimiento y tomate en invernadero. Obtenido de INFAP:

<https://docplayer.es/64880324-Prevencion-de-cenicilla-con-azufre-sublimado-en-pimiento-y-tomate-en-invernadero.html>

- Wang, Y., Deng, S., Li, Z., & Yang, W. (2022). Advances in the Characterization of the Mechanism Underlying Bacterial Canker Development and Tomato Plant Resistance. *Horticulturae*. 8(3), 209.
- Wiesel, I., Newton, A., Elliot, I., & Gilroy, L. A. (2014). Efectos moleculares de elicitors de resistencia de origen biológico y su potencial para la protección de cultivos. (290) 4218- 4225. Obtenido de Pumed. gov: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25484886/>
- Wilstermann, A., & Ziebell, H. (2019). Plant Diseases and Diagnosis. Obtenido de Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV): (1) 1-4. https://www.menno.de/fileadmin/user_upload/Tomato_brown_rugose_fruit_virus__ToBRFV__JKI_Data_Sheets_01-2019.pdf
- Windbiel, K., & Messenger, B. (2020). Sooty Mold. Obtenido de UC IPM: <https://ipm.ucanr.edu/PMG/PESTNOTES/pn74108.html#REFERENCE>
- Zhang, S., Griffiths, J. S., Marchand, M. A., & Wang, A. (2022). Tomato brown rugose fruit virus: un virus de ARN vegetal emergente y de rápida propagación que amenaza la producción de tomate en todo el mundo. *Molecular Plant Pathology*.