

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Determinar el Efecto de Diversas Fuentes de Fosfitos en el Control de
Clavibacter michiganensis Smith subsp. *michiganensis* en el Cultivo de Tomate
Solanum lycopersicum L.

Por:

RUBICEL LÓPEZ VELÁZQUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México.

Abril 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Determinar el Efecto de Diversas Fuentes de Fosfitos en el Control de
Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis* Smith en el Cultivo de Tomate
Solanum lycopersicum L.

Por:

RUBICEL LÓPEZ VELÁZQUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Asesor Principal



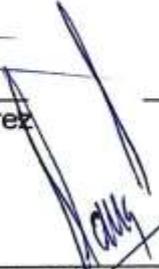
Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz
Asesor Principal Externo



Dr. Moisés Roberto Vallejo Pérez
Coasesor



Dr. Ernesto Cerna Chávez
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.
Abril 2024.

Derechos de Autor y Declaración de no Plagio

El autor principal quien es el responsable directo, 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, graficas, 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 las autoridades correspondientes.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo es original.

Autor principal



Rubicel López Velázquez

Firma y Nombre

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

A ti señor por darme la dicha de vivir y permitirme llegar hasta este punto de mi vida, por iluminarme y guiar mi camino en los buenos y malos momentos para hacer realidad este sueño, infinitamente gracias señor.

A MI ALMA TERRA MATER

A mi “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro” quiero expresarte mi sincero agradecimiento por todo el apoyo incondicional que me ha brindado a lo largo de mi trayectoria académica. Ha sido honor formar parte de esta comunidad universitaria y contar con respaldos de mis profesores, administrativos y compañeros de clase. Agradezco profundamente por acogerme durante estos largos años que con sacrificio, esfuerzo y dedicación donde he encontrado no solo conocimientos, sino también un verdadero sentido de pertenencia y apoyo incondicional, enfocado al crecer y ser participe en la solución de los problemas que vive el sector agrícola y el campo mexicano, estoy muy orgulloso de pertenecer a mí “Alma Mater” y por ser mi segunda casa.

COMITÉ DE TESIS

A mi asesor externo Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz quien me dio el apoyo incondicional, su sincera amistad a lo largo de mi proceso de investigación. Gracias por compartir conmigo sus conocimientos, paciencia, compromiso, tiempo y enseñanzas han sido fundamentales para hacer posible la culminación de este trabajo. Gracias por confiar en mí, por desafiarme a superar mis límites y por ser parte fundamental de este logro.

AMIGOS

Quiero agradecerles de corazón a todos mis amigos que hicieron que mi estancia por la universidad fuera inolvidable. Por acompañarme en cada paso del camino, su apoyo, sus consejos, su amistad me impulsaron a seguir adelante.

Luis Antonio Reyes Pimentel, Israel Chávez Martínez, Rafael Tovilla Cordero, José Javier Jaimes Echeverría, Martín Flores Juárez, Ada Jennifer Amezcua Suarez, Monserrat García Castro.

DEDICATORIA

Con todo el amor y cariño para las personas que más amo, admiro y respeto en la vida.

A mis padres **Sr. Albino López Hernández y**

Sra. Rocelia Velázquez Hernández

A través de estas palabras quiero agradecerles por darme el regalo más hermoso que se puede dar a un ser humano “la vida” por todo su apoyo moral y económico que me han brindado. Ustedes han sido mis guías, mis héroes y mis mayores ejemplos de fortaleza y dedicación. Cada logro, cada sonrisa y cada sueño cumplido lleva impreso su amor y su inquebrantable fe en mí. Gracias por alentarme a perseguir mis metas y por ser mi refugio en los momentos de dificultad, su amor incondicional son tesoros invaluable que atesoro en lo más profundo de mi. Muchas gracias papá y mamá por todos aquellos consejos que me hicieron de mi un hombre respetuoso y humilde, todo lo que soy y todo lo que logrado se lo debo a ustedes, mis amados padres, quienes han estado conmigo en los buenos y malos de mi vida. Los llevo siempre conmigo, los amo y los quiero mucho.

A mis queridos abuelos Jerónimo y Tomasa, aunque ya no estén físicamente, su amor y sabiduría fueron la brújula que guio mis logros en mis estudios.

A mi tía, Juana López Hernández, gracias por sus sabios consejos y el apoyo que me ha brindado.

A mi prima, Paulina López Díaz, por el apoyo incondicional y sus buenos consejos.

A mi prima, Catalina López Díaz, desde el cielo con gratitud eterna por el apoyo y tus consejos los llevo en mi corazón.

A mis hermanos

Para mis queridos hermanos y hermanas, su confianza en mí ha sido mi mayor motivación. Con su apoyo, he encontrado fuerza para alcanzar mis metas.

Ing. Cristóbal, Ing. Rene, Ing. Juan Martin, Nayeli, Ana María, Maribel, José Fernando, Aracely y Leonardo.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
INTRODUCCIÓN	1
1.1. JUSTIFICACIÓN	3
1.2. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3. HIPÓTESIS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. ORIGEN DEL CULTIVO DEL TOMATE.....	4
2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	4
2.3. AGRICULTURA EN MÉXICO	5
2.4. PRODUCCIÓN MUNDIAL	5
2.5. PRODUCCIÓN NACIONAL.....	5
2.6. GENERALIDADES DEL CULTIVO.....	6
2.6.1. <i>Crecimiento determinado</i>	6
2.6.2. <i>Crecimiento indeterminado</i>	6
2.6.3. <i>Raíz</i>	6
2.6.4. <i>Tallo</i>	7
2.6.5. <i>Hojas</i>	7
2.6.6. <i>Flor</i>	7
2.6.7. <i>Fruto</i>	7
2.6.8. <i>Semilla</i>	7
2.7. PRINCIPALES ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DEL TOMATE.....	7
2.8. PRINCIPALES ENFERMEDADES DE ORIGEN BACTERIANO.....	9
2.8.1. <i>Pseudomonas syringae pv. tomato</i>	9
2.8.2. <i>Ralstonia solanacearum</i>	9
2.8.3. <i>Erwinia carotovora subsp. carotovora</i>	10
2.8.4. <i>Xanthomonas campestris pv. vesicatoria</i>	10
2.8.5. <i>Candidatus liberibacter solanacearum</i>	11
2.9. <i>CLAVIBACTER MICHIGANENSIS</i> SUBSP. <i>MICHIGANENSIS</i>	11
2.9.1. <i>Origen</i>	11
2.9.2. <i>Morfología</i>	12
2.9.3. <i>Sintomatología</i>	12
2.9.4. CICLO Y EPIDEMIOLOGÍA DE LA ENFERMEDAD	13
2.10. CONTROL QUÍMICO	14
2.11. LOS FOSFITOS	15
MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	19
3.2. REACTIVACIÓN DE LA CEPA BACTERIANA <i>CMM</i>	19
3.3. METODOLOGÍA PARA EL BIOENSAYO.....	19
3.4. TRASPLANTE, INOCULACIÓN DE LAS PLANTAS DE TOMATE CON <i>CMM</i> , APLICACIÓN DE LOS FOSFITOS EN INVERNADERO.....	20
3.5. VARIABLES EVALUADAS.....	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22

4.1.	EFFECTO DE LOS FOSFITOS <i>IN VITRO</i> SOBRE <i>CMM</i>	22
4.2.	SEVERIDAD.....	24
4.3.	PARÁMETROS AGRONÓMICOS EVALUADOS	25
4.3.1.	<i>Altura de la Planta</i>	26
4.3.2.	<i>Diámetro del Tallo</i>	26
4.3.3.	<i>Numero de Racimos</i>	26
4.3.4.	<i>Peso Fresco de la Planta</i>	27
4.3.5.	<i>Clorofila (en unidades SPAD)</i>	28
4.3.6.	<i>Peso Fresco de la Raíz</i>	28
4.3.7.	<i>Longitud de la raíz</i>	28
	CONCLUSIONES	30
	BIBLIOGRAFIA	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modo de acción de los fosfitos, (Yáñez-Juárez <i>et al.</i> , 2018).....	17
Figura 4. Sintomatología observada en plantas de tomate inoculadas con <i>cmv</i> , a y b) plantas con marchitez, c) hojas enrolladas y d) planta muerta.	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Efecto inhibitorio de los fosfitos sobre el crecimiento de la bacteria <i>cmm</i>	23
Tabla 2.Estimación de la cl_{50} para las diversas fuentes de fosfitos.	23
Tabla 3.ABCPE acumulada en la aplicación de fosfitos.....	25
Tabla 4.Respuesta de las plantas de tomate inoculadas con <i>cmm</i> a la aplicación de fosfitos.....	27
Tabla 5.Comparación de medias de clorofila, peso fresco de la raíz y longitud de raíz.....	29

RESUMEN

Este estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Posgrado del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza. Cuyo objetivo fue evaluar el efecto de diversas fuentes de fosfitos en el control de cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* Smith) el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L.

El cultivo de tomate es una de las hortalizas de mayor importancia en nuestro país y la más cultivada bajo invernadero; sin embargo, es afectada por muchas enfermedades e insectos plagas que limitan su desarrollo causando pérdidas económicas. El cáncer bacteriano causado por *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*); ocasiona pérdidas significativas en la producción de tomate, la cual se considera como una enfermedad de mayor importancia económica.

Los fosfitos son compuestos derivados del ácido fosforoso (H_3PO_3) por el cual al combinarse con cationes no metales como potasio, sodio, calcio. Los resultados de esta investigación arrojaron que FCa en el estudio *in vitro* redujo el crecimiento de *Cmm* en un 27.8-93.1%, siendo que los mayores porcentajes de inhibición se obtuvieron en las concentraciones de 500, 1000, 2000 y 4000 ppm. Sin embargo, en el caso de FZn y FMg la mayor inhibición fue lograda por la concentración de 4000 ppm, siendo de 66 y 51.9 % respectivamente. Por otro lado, los FK se observó que en el estudio *in vivo* redujo los niveles de severidad en un 57% en plantas de tomate inoculadas con *Cmm*, de igual forma se vio reflejado en la variable ALTP y DT. El tratamiento FCa fue sobresaliente en las variables evaluadas en comparación con los demás tratamientos y se observó mejores resultados en las variables NR, PFP, SPAD, PFR y LR. Los resultados de esta investigación muestran que los fosfitos podrían ser implementados dentro de un programa de manejo integrado para *Cmm* en tomate.

Palabras claves: Fosfitos, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, inhibición, ABCPE, severidad.

INTRODUCCIÓN

El tomate es un cultivo originario de los bajos Andes, hace 2,600 años fue cultivado por las civilizaciones mexicanas y su nombre varía en cada zona de nuestro país así en el norte de México le denominan como tomate, mientras que en el centro y sur prefiere jitomate (SIAP, 2017).

El cultivo de tomate es una de las hortalizas de mayor importancia en nuestro país y la más cultivada bajo invernadero; sin embargo, es afectada por muchas enfermedades e insectos plagas que limitan su desarrollo causando pérdidas económicas (Zamora y Ávila, 2023). Salas *et al.* (2022), reportaron que las principales enfermedades causadas por hongos en el cultivo de tomate a campo abierto son: *Botrytis cinérea*, *Alternaria* spp., *Laveillula taurica*, *Phytophthora infestans*, *Pythium aphanidermantum*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*. Los virus ocasionan pérdidas graves en el cultivo de tomate provocando pérdidas significativas en el rendimiento y en la calidad del fruto (Zamorra y Ávila, 2023). Olvido *et al.* (2013), reportan más de 15 especies, sin embargo, existen 3 especies importantes que ocasionan grandes pérdidas económicas y son, Virus del bronceado del tomate (TSWV), Virus rizado amarillo del tomate (TYLC) y el Virus del Mosaico del Pepino Dulce (PepMV). Dentro las bacterias fitopatógenas causantes de enfermedades en el cultivo de tomate se encuentran las de mayor importancia económica como son: *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, *Ralstonia solanacearum*, *Erwinia*, *Agrobacterium tumefaciens*, y *Candidatus liberibacter solanacearum* cuyo vector es el psílido *Bactericera cockerelli* (Bernal, 2010; Valdez, 2016, Reveles-Torrez *et al.*, 2016; Salas *et al.*, 2022).

El cáncer bacteriano causado por *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*); ocasiona pérdidas significativas en la producción de tomate, la cual se considera como una enfermedad de mayor importancia económica (Fatmi y Schaad, 2002). Pertenece al orden Actinomycetales, es una bacteria Gram Positiva, mide de 0.3-0.6 µm de ancho y 0.5-1.5 µm de largo (EPPO, 2022). No móvil, aeróbico, en agar nutritivo las colonias se ven de color amarillo (Borboa-Flores *et al.*, 2009).

Cmm se transmite por semilla infectada, causan necrosis marginal y marchitamiento en las hojas en cualquier estado fenológico de la planta (Borboa-Flores *et al.*, 2009). En el fruto presentan manchas, redondas, de color café y está rodeado de un halo amarillo (Obregón, 2014). En los tallos se forman grietas de color café (Rivera-Sosa *et al.*, 2022).

Las plantas cuentan con mecanismos químicos de defensa, por las condiciones bióticas y abióticas adversas a las que están sometidos. Existen dos tipos de mecanismo de defensa: Pasivos y los activos. (Vivanco *et al.*, 2005). Los inductores de resistencia es un mecanismo de defensa de tipo activa que utilizan las plantas para resistir el ataque de factores bióticos y factores abióticos (Rivas *et al.*, 2022).

Las aplicaciones químicas para el control de la bacteria *Cmm* no es eficiente ya que es una enfermedad de muy difícil manejo. El uso de Mancozeb, Estreptomina, Oxidación de cobre se emplean como preventivos (Hausbeck *et al.*, 1999). Para un buen manejo de la enfermedad se empieza con la elección de semillas certificadas, desinfección de herramientas, eliminación de rastrojos (Gamboa *et al.*, 2011).

Los fosfitos es una alternativa para el control de organismos fitoparasitos, compuestos que resultan de la reacción del ácido fosforoso con iones metales como el potasio, calcio, magnesio, manganeso, cobre, zinc, aluminio, entre otros (Yañez-Juárez *et al.*, 2018). Dependiendo del ion unido al fosfito varia la eficiencia en el control de organismos fitoparásitos, así como el método de aplicación. La efectividad puede ser de vía directa o indirecta (Morales *et al.*, 2022).

1.1. Justificación

El cancro bacteriano del tomate causado por *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis* es una de las bacterias fitopatógenas de mayor importancia en el cultivo de tomate ya que puede ocasionar pérdidas que van desde 70%, debido a la agresividad del patógeno y el mecanismo de infección. En la mayoría de los casos el uso de antibióticos su eficacia es muy limitada, por lo cual se requiere buscar alternativas eficaces para su control. Por tanto, en este trabajo se evaluará el efecto de diversas fuentes de fosfitos en el manejo del *Cmm* del tomate.

1.2. Objetivo general

Evaluar el efecto de diversas fuentes de fosfitos en el control de cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* Smith) en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L.

1.2.1. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto *in vitro* de diversas fuentes de fosfitos en el control de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* Smith en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L.
- Evaluar el efecto de diversas fuentes de fosfitos en invernadero en plantas de tomate inoculadas con *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* Smith.

1.3. Hipótesis

Se espera que por lo menos uno de los fosfitos muestre control de la bacteria *Cmm* en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. en las evaluaciones *in vitro* como en el invernadero.

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del Cultivo del Tomate

El tomate es un cultivo de mucha importancia económica en el mundo, originario en las regiones tropicales de América latina siendo el centro de origen en los bajos Andes especialmente en la región de Colombia, Chile, Perú y Bolivia (SIAP, 2017; Nakazato *et al*; 2010). Algunas características de su origen siguen siendo ambiguo por otro lado, la variedad *Solanum pimpinellifolium* L. es la especie más cercana al *S. lycopersicum* además la variedad *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* se cree que es la especie ancestral de la variedad cultivada *S. lycopersicum* (Delices *et al.*, 2019). Sin embargo, la domesticación ocurrió en México en los estados de Puebla y Veracruz, esto debido a la diversidad de variedades encontradas en esas regiones (Delices *et al.*, 2019), y hace 2,600 años fue cultivado por los pueblos mesoamericanos. Su nombre cambia dependiendo de la zona así en el norte de México, se emplea el vocablo tomate, mientras que en el centro y sur prefiere jitomate (SIAP, 2017).

2.2. Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica del tomate según Peralta *et al.* (2006) es la siguiente:

Reino: Vegetal

División: Tracheophyta

Subdivisión: Pteropsidae

Clase: Angiospermae

Subclase: Personatae

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum*

2.3. Agricultura en México

La agricultura en México es una actividad importante ya que genera empleos de manera directa o indirecta, adicionalmente de satisfacer la producción alimentaria a la sociedad mexicana. Cerca de 29,806,706 hectáreas es de uso agrícola de las cuales 21,635,876 hectáreas pertenecen a superficie sembrada. Asimismo, en área sembrada el cultivo de tomate pertenece a 56,709 hectáreas (INEGI, 2022, SIAP, 2023). Donde las actividades hortícolas son de suma importancia debido a que la mayoría son para la exportación destacándose los productos siguientes: Cebolla (2.23%), pepino (3.31%), pimiento (3.9%) y tomate (7.77%) (Montaño *et al.*, 2021).

2.4. Producción Mundial

La producción de tomate en México ha sufrido serie de problemas por el cambio climático, plagas y enfermedades aun así se ha mantenido la producción (Miranda, 2022). El cultivo de tomate es una de las hortalizas más consumidas en el mundo, en el 2021 se cosecharon 256,770, 677 toneladas (Zamora y Ávila, 2023). China es el país con mayor producción de tomate con 25 millones de toneladas; le sigue Estados Unidos de América con 12, 2 millones de toneladas; países como Turquía, India, Italia y Egipto productores con cifras que superan a los 5 millones de toneladas (Vega, 2023). La producción mundial del tomate en México se posiciona en el lugar 8º, con un total de 56,709 hectáreas cosechadas y con una producción de 3,461,766 toneladas (SIAP, 2023).

De esta manera aporta el 1.7% de la producción mundial contribuyendo el 19% en términos de volumen de las exportaciones a nivel mundial, por debajo de China, India y Estados Unidos de América (Montaño *et al.*, 2021).

2.5. Producción Nacional

La producción de tomate en nuestro país puede ser a campo abierto o bajo invernadero (SIAP, 2019). La mayoría de la superficie sembrada es bajo agricultura protegida, por tanto, es más rentable. En el año 2022, la producción alcanzó Los 3,461,766 (SIAP, 2023; Vega, 2023). Donde la mayoría fue en una producción convencional con un 98% el resto una producción orgánica (Vega, 2023).

La producción de tomate en México es practicada en los 32 estados federativas la mayoría de ellos es incipiente, sin embargo, los estados con mayor producción

en toneladas son los siguientes: Sinaloa con 637,134.06, seguido por San Luis Potosí, 374,791.85 toneladas; en tercer lugar, esta Michoacán con 274,883.93 toneladas; la cuarta posición la ocupa Jalisco con 202,857; en quinto lugar, esta Baja California Sur con 177,049.05 toneladas; en el sexto sitio esta Zacatecas con 171,846.61 toneladas (Montaño *et al.*, 2021; SIAP, 2023 ; Vega, 2023).

2.6. Generalidades del Cultivo

Es un cultivo que pertenece a la familia Solanacea, es una planta perenne, rastrera-arbustiva que se cultiva como anual. Según el tipo de crecimiento de la planta pueden ser de crecimiento determinadas e indeterminadas; la primera es un tipo de crecimiento limitado el segundo su crecimiento es ilimitado (López, 2017).

2.6.1. Crecimiento determinado

Son plantas arbustivas de porte bajo donde cada extremo del crecimiento aparece una yema floral, el tallo principal y lateral detienen su crecimiento cuando el ápice caulinar forma dos inflorescencias consecutivas. Relativamente son plantas de ciclo corto logrando una cosecha de tres veces durante el ciclo (López, 2017).

2.6.2. Crecimiento indeterminado

Son plantas cuyo crecimiento vegetativo es ilimitado llegando a tener más de 10 metros, el ápice caulinar crece de manera continua (Saavedra, 2017). Son plantas de periodos muy largos por tanto la floración, fructificación y la cosecha también lo serán, preferentemente son cultivadas en invernaderos ya que requieren de un tutorado para que los tallos no queden en el suelo además es necesario retirar los chupones. Forman flores de manera escalonada e ilimitados (López, 2017).

2.6.3. Raíz

La raíz es una estructura muy importante ya que transporta y absorbe agua y nutrientes distribuyéndolos en toda parte de la planta además de anclaje de la planta al suelo (López, 2017). El sistema radicular de un tomate está compuesto de una raíz principal pivotante. Crecen aproximadamente de 60 cm de profundidad, de la raíz principal salen raíces adventicias y ramificaciones (Saavedra, 2017).

2.6.4. Tallo

Erguido, semileñosos con tricomas; de color verdoso con un grosor de 2-4 cm. Dependiendo del cultivar se observan diferencias en la altura que alcanza la planta de tomate, así como en el crecimiento, llegando a medir de 6 metros o más. Para aquellas plantas con crecimiento ilimitado la yema vegetativa se mantiene en el ápice de las ramas. En el caso de un crecimiento limitado, en el ápice de las ramas se emite una inflorescencia terminal (López, 2007). En el tallo principal se forman los tallos secundarios tienen la capacidad de formar racimos florales al igual que el tallo principal (Saavedra, 2017)

2.6.5. Hojas

La planta de tomate tiene las hojas compuestas dispuestos en posición alternada sobre el tallo y con borde dentado. Limbo de 5 a 7 folíolos de diferentes tamaños (Monardes, 2009). En las hojas como en los tallos, hay presencia de pubescencia (Fornaris, 2007).

2.6.6. Flor

La flor es perfecta, consta de 5 o más sépalos, de pétalos de color amarillo. Los estambres están soldados por las anteras, formando un cono estaminal que envuelve al gineceo. El ovario es bi o plurilocular. Inflorescencias en racimos es decir un conjunto de flores (Baudoin, 2017).

2.6.7. Fruto

La fruta de tomate es de color rojo, carnosa, lisa brillante al madurar. Varían del tamaño entre cultivares, su forma puede ser lobulada, alargada o en forma de pera, en estado inmaduro es verde (Fornaris, 2007).

2.6.8. Semilla

La fruta de tomate presenta semillas de color grisáceo rodeadas de un material gelatinoso y está llena las celdas de la fruta, de forma oval, aplastada y cada fruta contiene muchas semillas (Fornaris, 2007).

2.7. Principales Enfermedades en el Cultivo del Tomate

El tomate es considerado como una de las hortalizas de mayor importancia económica en nuestro país. México se posiciona entre los 10 primeros lugares en producción de tomate. Sin embargo, este cultivo es hospedera de diversas enfermedades que causan pérdidas significativas, en la producción (Borboa-Flores *et al.*, 2009 y Salas *et al.*, 2022). Los principales agentes bióticos como

causantes de enfermedades en el cultivo de tomate son: hongos, bacterias, virus y fitoplasmas; de los parásitos están los insectos, y nematodos (Salas *et al.*, 2022).

Los hongos son los principales organismos que ocasionan las enfermedades en el cultivo de tomate y de otros cultivos de importancia económica. Los hongos son microorganismos eucarióticos. Pueden ser parásitos obligados o facultativos (Velásquez *et al.*, 2017). Las enfermedades fúngicas causan daños en cualquier etapa fenológica del cultivo, algunas enfermedades fúngicas asociadas al tomate reportadas en la zona árida del noroeste de México son *Botrytis cinérea*, *Alternaria dauci f. solana*, *Laveillula taurica*, *Phytophthora infestans*, *Pythium aphanidermatum*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani* (Martínez-Ruiz *et al.*, 2016). Por otro lado, en el estado de Michoacán el *Oidium neolycopersici*, *Phytophthora capsici* son los más comunes (Rodríguez *et al.*, 2011).

Los virus son parásitos obligados transmitidos por insectos como moscas blancas, trips chicharritas. Además, son muy peligrosos ya que se diseminan mecánicamente. Las enfermedades virales importantes que producen enfermedades en el cultivo de tomate son: Apice Necrótico del Tomate (ToANV), Marchitez manchada (TSWV), Virus de la Cucharra del Tomate (TYLCV), Mosaico del pepino (CMV), Aspermia del tomate (TAV), Pepino mosaic (PepMV), Mosaico del tomate (ToMV), virus X de la papa (PVX), Virus Rugoso Marron del Tomate (ToBRFV) y virus mosaico del tabaco (TMV) (Crescencio, 2017).

Las bacterias son microorganismos unicelulares, miden de entre 1 y 2 μm de tamaño, por su tamaño no se pueden observar a simple vista. Pueden ser beneficiosas o causantes de enfermedades de las plantas (Vidaver y Lambrecht, 2004). Hay bacterias de forma bacilo, cocos, espiraladas esta morfología sirven para diferenciarlas de manera fácil en el laboratorio. Las bacterias se reproducen por fisión binaria. Las bacterias fitopatógenas la mayoría sobreviven en restos vegetales, semillas, en suelo y pueden ser hospederas de otras plantas perennes hay bacterias que sobreviven en insectos (Gómez *et al.*, 2011). Los principales géneros bacterianas que producen enfermedades en los vegetales son *Pseudomonas syringae pv. tomato*, *Ralstonia solanacearum*, *Erwinia carotovora subsp carotovora*, *Clavibacter michiganensis subsp michiganensis*,

Xanthomonas campestris pv. *vesicatoria* y *Candidatus liberibacter solanacearum* cuyo vector es el psilido *Bactericera cockerelli* (Bernal, 2010; Valdez, 2016, Reveles-Torrez *et al.*, 2016; Salas *et al.*, 2022).

2.8. Principales enfermedades de origen bacteriano

2.8.1. *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*

La peca bacteriana del tomate es causada por *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* es una bacteria gram negativa, móvil; y en el medio B de King forma colonias de color blanco lechoso y opacas (SENASICA, 2021). Las semillas contaminadas es el principal mecanismo de transmisión y posteriormente es dispersado naturalmente por las salpicaduras de lluvia. Sin embargo, es una bacteria que sobrevive en los restos de plantas y en el suelo. Por otro lado, la alta humedad relativa y una temperatura desde los 13 °C hasta los 25 °C se desarrollan adecuadamente (Preston, 2001). La sintomatología en las hojas se observa como manchas angulares de color marrón y rodeadas de un halo amarillo, en algunos casos se llegan a secar los folíolos y en el tallo se puede observar lesiones irregulares de color marrón oscuro y esto se expande hasta los pedúnculos e inclusive hasta en el peciolo de las hojas. En el fruto se observan lesiones oscuras que en el paso del tiempo se vuelven acuosos y un retraso en el crecimiento (Preston, 2001, Tello, 2011).

2.8.2. *Ralstonia solanacearum*

La marchitez bacteriana es causada por la bacteria *R. solanacearum* es una bacteria Gram negativa, aeróbica (Obrador, 2016); la cual esta subdividida en 5 razas (R1, R2, R3, R4 y R5) de esta manera afecta a más de 200 especies de plantas. La raza 1 ataca a muchas variedades de cultivos además es el principal causante de enfermedad en el cultivo de tomate (Perea-Soto *et al.*, 2011). La enfermedad en temperaturas altas como de 30 hasta 35 °C y una alta humedad en el suelo se desarrollan rápidamente sin embargo a temperaturas menor a 20 °C el desarrollo de la enfermedad es bastante lento (Melgar *et al.*, 2012). La infección ocurre mediante aberturas naturales, daños mecánicos por lo cual afecta la xilema, impidiéndose así la circulación de nutrientes y agua hacia la planta y como síntoma se pueden observar marchitamiento y posteriormente la muerte de la planta (Alam y Rustgi, 2022).

La bacteria vive de forma natural en el suelo y sobrevive en los residuos de cultivos infestados, el suelo infestado es el principal medio de inóculo por otro lado también se trasmite por plántulas infestadas, por el sistema de riego, equipos y herramientas de trabajo. La marchitez es una de los síntomas muy visibles que ocasiona la bacteria *R. solanacearum* ya que no hay circulación del agua hacia la planta. Las plantas infectadas en las hojas más jóvenes empiezan con un ligero marchites, con el paso del tiempo esta marchitez aumenta repentinamente hasta llevar la planta a una marchitez completa y por último la muerte, en algunos casos puede estar acompañada con canchros en el tallo, pudrición radicular y en el tallo se puede observar una decoloración vascular del color pardo (Melgar *et al.*, 2012, Prados y Henson, 2017, Alam y Rustgi, 2022).

2.8.3. *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*

Es una bacteria Gram negativa que afecta a numerosos cultivos hortícolas y ornamentales (Palacio *et al.*, 2009). El patógeno sobrevive en el suelo, residuos de cosechas contaminados, material vegetal, y la infección ocurre por medio de heridas, además pueden ser arrastradas por la lluvia o por viento. Así mismo la alta humedad relativa y temperaturas altas de 25-35 °C, siendo la óptima de 22 °C donde la enfermedad se desarrolla adecuadamente y es capaz de destruir la planta en un tiempo corto de día (Milagros, 2010).

Los síntomas consisten en una podredumbre blanda y acuosa en el tallo, la rapidez en que avanza la enfermedad ocasiona la descomposición de la médula y provocando ahuecamiento en la misma, y la cual por la muerte de tejidos genera un olor desagradable y finalmente se muere la planta. En los frutos se observan lesiones hundidas, acuosas y se pudre finamente (Baudoin, 2017).

2.8.4. *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*

La mancha bacteriana del tomate causado por *X. campestris* pv. *vesicatoria* es una bacteria Gram negativa en el medio de agar nutritivo forma colonias de color amarillo. La temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad es de 30 °C y con una alta humedad relativa (Fasio *et al.*, 2001). Las lesiones necróticas, circulares y acuosas en las hojas síntoma muy común de esta bacteria conforme pasa el tiempo las lesiones se agrandan poniéndose de color amarillo la hoja completa y finalmente se seca causando la caída de la hoja, en el pedúnculo se notan lesiones de color marrón (Fasio *et al.*, 2001). De igual forma afecta el fruto

donde se observan lesiones grasosas y conforme madura el fruto la lesión aumenta gradualmente hasta llegar a formar pústulas agrietadas de 1 cm de diámetro (INRAE, 2021). La principal fuente de diseminación de la bacteria ocurre mediante semillas contaminadas, por la lluvia, residuos de cosechas por el sistema de riego (INRAE, 2021).

2.8.5. *Candidatus liberibacter solanacearum*

Es una bacteria gram negativa, filamentosa que coloniza en el floema de la planta, parásita obligado e incultivable *in vitro*. En el año 1984 se reportó por primera vez en México en el estado de Guanajuato, *Candidatus liberibacter* causa pérdidas considerables ya que afecta la calidad del fruto y pueden ser transmitidos por insecto vector, semillas contaminadas y por injerto (Delgado-Ortiz *et al.*, 2020).

Los síntomas de esta bacteria varían dependiendo del cultivo, así en el cultivo de tomate afecta el crecimiento provocando que las plantas se queden chaparas, enrollamiento, amarillamiento y necrosis en las hojas, los entrenudos se acortan, ápices deformes y una sobre brotación de yemas axilares y también las plantas enfermas sufren aborto floral (Delgado-Ortiz *et al.*, 2020, Roque *et al.*, 2022).

2.9. *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*

2.9.1. Origen

El cancro bacteriano del tomate es producido por la bacteria *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*). La enfermedad se descubrió por primera vez en el año 1909 en Grand Rapids, Michigan, Estados Unidos. Actualmente se ha reportado que se encuentra presente en toda la zona productora de tomate del mundo (EPPO, 2022).

Cmm se detectó e identificó en el Valle de Culiacán, ya en el año de 1994 a 1996 se diseminó rápidamente y se estableció en las principales zonas productoras del tomate en nuestro país, en donde se destacan los estados Jalisco, San Luis Potosí, Baja California Sur y Baja California Norte (Borboa-Flores *et al.*, 2009). Convirtiéndose como una de las enfermedades importantes de este cultivo llegando a ocasionar pérdidas que van desde un 70% hasta la pérdida total (Lewis y Miller 2005).

Según Jansen (2004) la clasificación taxonómica es la siguiente.

Reino: Bacteria

Phylum: Actinobacteria

Clase: Actinobacteria

Orden: Actinomycetales

Familia: Microbacteriaceae

Género: *Clavibacter*

Especie: *michiganensis*

Subespecie:

michiganensis

2.9.2. Morfología

Cmm pertenece al phylum Actinobacteria, orden Actinomycetales y de familia Microbacteriaceae, es una bacteria Gram positiva, inmóvil, aeróbica y no formadora de esporas (EPPO, 2022). Puede cultivarse en medios de cultivos como el caldo nutritivo con extracto de levadura agarizado (NBY, Nutrient Broth Yeast) o el extracto de levadura con dextrosa y CaCO₃ (YDC Yeast Dextrose Carbonate) y forma colonias de 2-3 mm de diámetro en 48 – 72 horas (Rolleri, 2015); las colonias son de color amarillo claro, amarillo mucoso y blanco mucoso (Monreal, 2005 ; Romero, 2011), los mucosos son más brillantes cuando son jóvenes, conforme pasa el tiempo aumenta la intensidad de la pigmentación de las colonias (Rolleri, 2015), y crecen a una temperatura óptima de 25 a 28° C *in vitro* (Monreal, 2005).

Estudios recientes basados en el análisis genómicos y filogenéticos varias subespecies de *Cm* se movieron al nivel especie, actualmente quedan cuatro subespecies dentro de esta especie: *C. michiganensis* subsp. *phaseoli*, *C. michiganensis* subsp. *californiensis*, *C. michiganensis* subsp. *chilensis* y *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* (EPPO, 2022).

2.9.3. Sintomatología

El cancro bacteriano es una enfermedad que presenta diversos síntomas dependiendo de la susceptibilidad de la variedad del cultivo y el tipo de infección,

así como la edad de la planta y la virulencia los síntomas varía, junto con los factores ambientales como la humedad y la temperatura (Nandi, 2018). El gen de virulencia del *Cmm* se encuentra en los plásmidos pCM1 y pCM2 donde pCM1 es el responsable de codificar una endo β -1,4-gluconasa mientras el pCM2 codifica proteasa de la serina y enzimas como xilanasas, pectato liasas que son muy importantes ya que degradan la pared celular de esta manera *Cmm* se transloca en el floema y en la xilema (Maeso, 2020). Por lo tanto, los síntomas pueden ser por medio de infecciones sistémicas o localizadas. Las infecciones sistémicas conocido también como primarios se origina por las semillas contaminadas o infectadas donde las bacterias penetran a los tejidos vasculares a través de heridas siendo los principales síntomas en este tipo de infección se pueden observar plantas con retraso en el crecimiento, marchitamiento unilateral de las hojas la cual ocasiona la pérdida de área fotosintética, y por ende la marchitez completa de la planta y canchros en los tallos; sin embargo, cuando la infección ocurre por medio de las aberturas naturales se conoce como infección localizada o secundaria, en este tipo de infección presentan síntomas como ampollas en las hojas y una necrosis marginal en los frutos, marchitez prematura (Gleason y col, 1993, De León *et al.*, 2008). Con todo lo anterior, los primeros síntomas de las plantas infectadas con *Cmm* inicia con el marchitamiento marginal de los folíolos en cualquier etapa fenológica del cultivo. Luego aparecen estrías necróticas que se extiende desde la parte inferior del tallo hasta el punto de unión con el tallo, ya que la bacteria afecta principalmente los tejidos de floema, medula y corteza (Gleason *et al.*, 1993). Los síntomas en los frutos se observan una mancha de color oscuro (conocida como ojo de pájaro) y rodeada de un halo blanco (Márquez, 2019). Finalmente, la planta se necrosa, se marchita y muere, los bordes de los folíolos inferiores se curvan hacia abajo y que aparezcan secos (Borboa-Flores *et al.*, 2009), las manchas necróticas en los tallos se abren y forman grietas de color café y forman canchros (Borboa- Flores *et al.*, 2009 y Rivera-Sosa *et al.*, 2022).

2.9.4. Ciclo y Epidemiología de la Enfermedad

El desarrollo y nivel de virulencia de *Cmm* está determinada por tres factores que son el factor ambiental, patógeno y del huésped. Con esos factores antes mencionado influyen mucho la capacidad de latencia y periodo de infección y presencia de síntomas de *Cmm* en tomate (Maeso, 2020). La bacteria *Cmm* en

campo requiere una temperatura optima de 25-30 °C para desarrollarse correctamente (EPPO,2005). Sin embargo, puede sobrevivir a temperaturas muy bajas como 1° C por otro lado el patógeno sobrevive en restos vegetales de siembra por muchos años (EFSA, 2014). El patógeno en temperaturas entre 24 y 32 °C se incrementa rápidamente y con una humedad relativa del 80% (EFSA, 2014). Sin embargo, la mortalidad se observa más rápida cuando se inocula en primavera o en otoño en comparación cuando se realiza en invierno o verano, de esta manera el factor ambiente influye en la intensidad de los síntomas (Maeso, 2020).

Siendo las semillas infectadas como la principal fuente primaria de inóculo del patógeno (Frías-Pizano *et al.*, 2016). Las semillas infectadas pueden albergar entre 100 y 1000 UFC por semilla, con 100 UFC por semilla son suficientes para inducir enfermedad en plantas susceptibles (Peritore-Galve *et al.*, 2021). Faria y Maringoni (2000) reportaron que las semillas infectadas con una incidencia de 0.01 a 0.05 es capaz de iniciar una epidemia. Por otro lado, las semillas en plántulas trasplantadas que son infectadas con *Cmm* con una incidencia de 0.05 % pueden causar el 60 % de las plantas en el campo se infecten a través de transmisión mecánica (Peritore-Galve *et al.*, 2021). Ya que en el momento de trasplante en ocasiones la planta puede no presentar síntomas de la enfermedad lo que se puede volverse más crítica (Gitaitis *et al.*, 1992)

La diseminación de la bacteria de plantas enfermas a las sanas puede ocurrir por las labores culturales como trasplante, desbrote, deshoje entre otras. La entrada del patógeno a las plantas puede ocurrir por medio de las aberturas naturales como estomas, hidatodos o flores y por medio de heridas (Rolleri, 2015).

La semilla infectada es la principal fuente de infección, el patógeno ingresa a través de las plantas de tomate por las heridas en las raíces o tallos, *Cmm* se mueve por la xilema induciendo infecciones sistémicas (Bella *et al.*, 2012).

2.10. Control Químico

El cancro bacteriano del tomate como se había mencionado anteriormente la principal fuente de propagación es por medio de semillas infectadas por tanto las estrategias para el control de la enfermedad se empezaría en la utilización de

semillas certificadas. Sin embargo, dicha acción no es lo suficiente ya que también el patógeno sobrevive en el suelo y en restos vegetales del cultivo anterior por ende el uso de bactericidas es fundamental, entre los productos utilizados en el manejo de la enfermedad son los siguientes: sulfato de cobre, hidróxido de cobre, mancozeb, estreptomina, quinazol y kasugamicina (de León *et al.*, 2008; Márquez, 2019). Rivera-Sosa *et al.* (2022), reportaron una disminución en el crecimiento celular de *Cmm* en un 19 y 18 % con la aplicación de bactericidas de kasugamicina, oxitetraciclina y sulfato de estreptomina. De León *et al.* (2008), reportaron que el sulfato de cobre + quinazol y sulfato de cobre mostraron efectividad en el manejo de la enfermedad en un ensayo independiente de inoculación por pulverización de la planta y sin embargo en una planta inoculada por punción ninguna de los productos evaluados mostró resultado favorable para el control de *cmm*. Por otro lado, Werner *et al.* (2002), reportaron que el uso de bactericidas como estreptomina, hidróxido de cobre mezclado con estreptomina redujeron la población de *Cmm*.

El uso de mancozeb, estreptomina, oxiclورو de cobre se emplean como preventivos (Hausbeck *et al.*, 1999). Por otro lado, los tratamientos químicos para semillas, plantas o suelos son muy importantes ya que por lo general el patógeno se transmite por medio de semillas contaminadas. Los más usados incluyen los compuestos de cobre, hidróxido de cobre y sulfato de cobre (de León *et al.*, 2008). Por otro lado, los fosfitos es una alternativa para el control de enfermedades fitopatogenas (Yañez-Juarez *et al.*, 2018).

2.11. Los Fosfitos

El uso excesivo de plaguicidas para el manejo de enfermedades fitopatógenas ha provocado efectos negativos en el medio ambiente, así como a la salud humana además de problemas con la resistencia a organismos fitopatógenos (Yañez- Juárez *et al.*, 2018). Los fosfitos son compuestos derivados del ácido fosforoso (H_3PO_3) por el cual al combinarse con cationes no metales como potasio, sodio, calcio (Yañez- Juárez *et al.*, 2018). El fosfato (Pi) contiene P que es esencial para los cultivos ya que ayuda a la planta para su mejor desarrollo y crecimiento. Sin embargo, el fosfito una forma reducida de Pi que se ha utilizado para el control de enfermedades fitopatógenas además también como bioestimulante y fertilizante suplementario (Gómez-Merino y Trejo-Téllez, 2015).

Los fosfatos se diferencian del fosfito por un átomo de oxígeno por el cual ha sido reemplazado por otro de hidrógeno. Siendo la sustitución del oxígeno que hace que los fosfatos y fosfitos se comportan de manera distinta en los organismos vivos (Yáñez- Juárez *et al.*, 2018). Los fosfitos se translocan en las plantas por vía xilema y floema por ende su aplicación puede ser foliar, inyección al tronco, tratamiento de semillas, radicular entre otros (Gómez-Merino y Trejo-Téllez, 2015 y Yáñez- Juárez *et al.*, 2018). Los fosfitos actúan de manera directa o indirecta en el control de fitopatógenos. Cuando los fosfitos actúan de manera directa entran en contacto con los organismos fitopatógenos impidiendo la fosforilación oxidativa alterando el proceso metabólico e inhibe el crecimiento y reproducción de los organismos ya que actúa en la expresión de genes que codifican la síntesis de compuestos esenciales para la estructura y fisiología celular. En la acción indirecta de los fosfitos se trata de la activación de los mecanismos de defensa bioquímicos y estructurales en la planta. Las plantas en presencia de moléculas de fosfitos activan los mecanismos de defensa como fitoalexinas de esta manera la planta en respuesta bloquea la entrada de patógenos, y también mejoran a la planta a la resistencia al estrés abiótico (Mohan *et al.*, 2017; Yáñez- Juárez *et al.*, 2018). En el cultivo de papa tratados con fosfitos de potasio aumentó el contenido de fitoalexina, quitinasa y peroxidasa de esta manera los fosfitos promueven a las plantas a la inducción de resistencia adquirida (SAR) (Mohan *et al.*, 2017).

La efectividad de los fosfitos en el control de fitopatógenos ocurre mediante vía directa o indirecta (Fig. 2). En la primera, el ion fosfito al entrar en contacto con los organismos fitopatógenos, afecta su crecimiento y reproducción, al afectar expresión de genes que codifican la síntesis de compuestos esenciales para la estructura y fisiología celular. Por ejemplo, en los oomicetos, el fosfito inhibe la fosforilación oxidativa metabólica, en el micelio inhiben el crecimiento y altera la composición de la superficie, aumenta la actividad de la vía de las pentosas fosfato e inhiben la regulación alostérica de las enzimas. La vía indirecta está asociada con el incremento en la resistencia de la planta. Los fosfitos se consideran bioestimuladores de la resistencia sistémica adquirida (SAR), al entrar a las células del tejido vegetal, activa mecanismos de defensa bioquímicos y estructurales (producción de polisacáridos, fitoalexinas o proteínas

relacionadas con la patogénesis 'PR') y limita así la penetración y supervivencia de los patógenos (Yáñez-Juárez *et al.*, 2018).

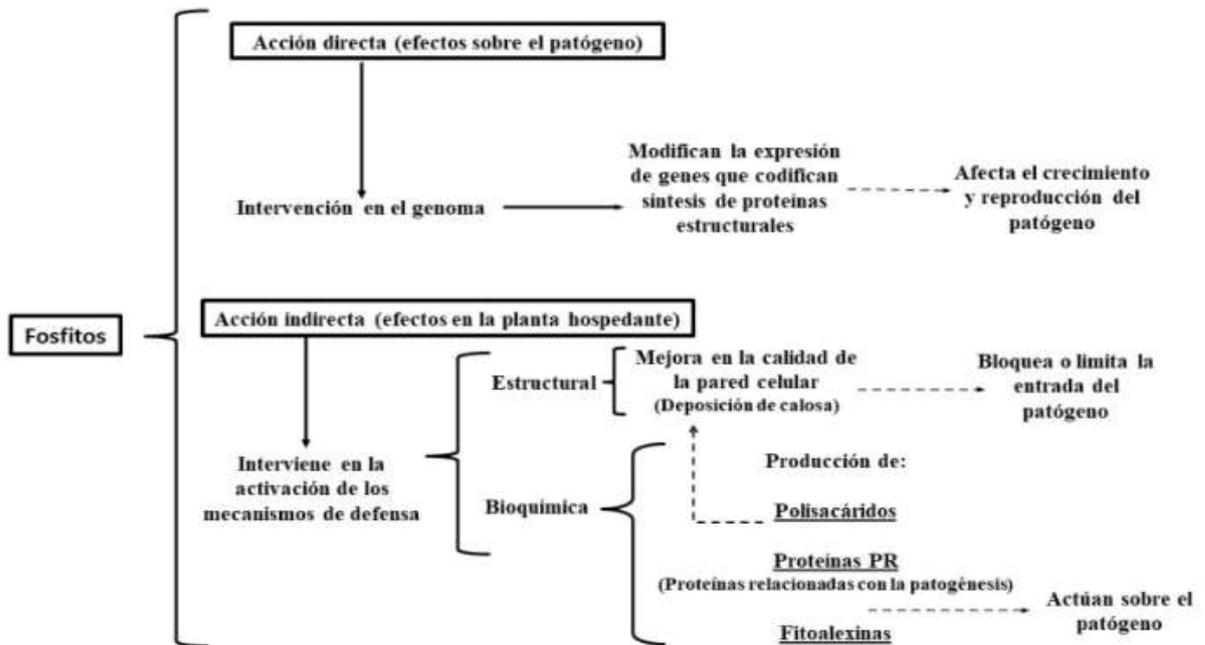


Figura 1. Modo de acción de los fosfitos, (Yáñez-Juárez *et al.*, 2018).

La acción de los fosfitos en el control de los organismos patógenos como se mencionó anteriormente puede ser de manera directa o indirecta y la efectividad varían ya que se toma en cuenta aspectos como: ion unido al fosfito, método de aplicación, patógeno y la planta hospedante (Yañez-Juarez *et al.*, 2018). según Lobato *et al* (2008), reportaron que semillas de papas tratados con fosfitos en tres enfermedades *Phytophthora infestans*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani*, las semillas tratadas con fosfitos de potasio germinaron el 90% en cambio aquellas semillas tratadas con fosfitos de calcio fueron de 75%, por otro lado, los fosfitos de potasio mostro poca actividad en el control de la enfermedad causada por *R. solani* y en cambio el fosfito de calcio redujo un 15% la enfermedad. García-Velasco *et al.*, (2021) obtuvieron disminución en la incidencia de 81.7 % y un 96.9% en la severidad de *Peronospora sparsa* en plantas de rosa tratadas con fosfitos de potasio. Abbasi y Lazarovits (2006) reportan 80% menos plantas de pepino infectadas por *Pythium* spp. cuando las semillas fueron tratadas con fosfito de cobre.

La inyección en el tronco de fosfitos de potasio para el control del *Erwinia amylovora* en manzanos redujo significativamente el tizón en los brotes

(Acimovic *et al.*, 2015). De acuerdo con Haji *et al.* (2023), las plantas de tomate tratadas con fosfitos (FK, FMg, FCa, FZn+FMn y FCu) inhibieron el desarrollo de la enfermedad *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* en cultivo en un 42.1% y 75%. Aunque el fosfito de Zn/Mn fue el que mostro mayor efectividad en el control de la enfermedad ya que disminuyó 75%.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del Experimento

Este estudio se llevó a cabo en el laboratorio de Posgrado del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza.

3.2. Reactivación de la cepa bacteriana *Cmm*

La cepa de *Cmm* fue proporcionada por el Doctor Moises Roberto Vallejo Perez. Para la activación de *Cmm* se preparó el medio de cultivo (6 g de Protease peptone, 0.45 g de Fosfato Dipotásico (K_2HPO_4), 0.45 g de Sulfato de Magnesio ($MgSO_4 \times 7 H_2O$), 4.5 g de agar y se aforo con 4.5 ml de Glycerol para 300 ml de agua destilada). El cual se llevó a la autoclave a 121°C durante 15 minutos para ser esterilizado. Con un asa bacteriológica se tomó una porción del aislado de la bacteria *Cmm* y se transfirió a cajas Petri. Las cajas petri finalmente se llevaron a la incubadora a una temperatura de 27 °C.

3.3. Metodología para el bioensayo

La metodología utilizada fue mediante la técnica de microdilución en placas, en base de la técnica propuestas por Gabrielson *et al.* (2002) y Masoko *et al.* (2005). Los tratamientos que se usaron fueron los siguientes: Fosfitos de Ca, K, Zn, Mg. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar.

El procedimiento para realizar el bioensayo fue el siguiente:

1. Se preparó 100 ml de caldo Sabouraud, caldo de papa.
2. Se preparó una solución de cada fosfito a una concentración de 8000 ppm, en el caso del testigo columna dos se usó solvente agua.
3. Se colocó 100 µl de caldo sabouraud en todos los pozos.
4. A partir de la columna 2 en adelante se agregó 40 µl del agente revelador de crecimiento.
5. Se agregó 100 µl de los fosfitos a partir de columna 4 sin mover la micropipeta se mezclaron bien y se volvió a tomar los 100 µl para vaciarla a la siguiente columna y mezclándola bien así sucesivamente, teniendo como resultado concentraciones de 4000 ppm, 2000 ppm, 1000 ppm, 500 ppm, 250 ppm, 125 ppm, 62.5 ppm, 31.25 ppm y 15.62 ppm.

6. El siguiente paso fue agregar 10 μ l de una solución de bacteria *Cmm* a partir de la columna 2, siendo previamente ajustada en el lector de placas a una absorbancia de 600 nm, propuesta por (Vallejo *et al.*, 2018).
7. Finalmente, al terminar de preparar las placas se hizo una lectura de absorbancia a 490nm a las 48 hr.

Para la variable inhibición del crecimiento se realizó un análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) con el programa estadístico del SAS versión 9.1. Así mismo, con los datos de inhibición se realizó un análisis Probit por la curva concentración-mortalidad y se registraron las Concentraciones Letales (CL_{50}).

3.4. Trasplante, inoculación de las plantas de tomate con *Cmm*, aplicación de los fosfitos en invernadero

Para la producción de plántula se utilizó la semilla de tomate de la variedad Rio Grande, la cual se germinó en charola de 200 cavidades con una mezcla homogénea de peat moss; cuando las plántulas contaron con tres hojas verdaderas se trasplantaron y se utilizaron bolsas de polietileno negro de 40x40 cm como macetas y como sustrato se utilizó una mezcla de vermiculita y peat moss fueron colocadas en la instalación donde se llevó a cabo el experimento. Las bolsas se colocaron en tres hileras con arreglo de marco real de 50x50 cm y una separación entre hileras de 50 cm. Posteriormente se inocularon las plantas con la bacteria *Cmm* con una concentración de 1×10^6 previamente ajustada en el laboratorio. Con una jeringa se extrajo 15 mililitros de la bacteria y se inyectaron en las plántulas en el peciolo a la primera hoja verdadera. Una vez inoculada las plantas se aplicaron los tratamientos (Fosfitos de K, Ca, Zn, Mg, Actigar®) con su respectiva concentración en este caso fueron de CL_{50} y CL_{80} (obtenidas a partir de los ensayos *in vitro*) con un atomizador. Cada tercer día se regaron las plantas con la solución nutritiva Steiner. La aportación de nutrientes fue distribuida según la etapa fenológica del cultivo desde el cuidado de las plántulas en la charola y principios de crecimiento vegetativo fue al 25%, crecimiento vegetativo al 50%, floración y crecimiento de frutos al 75%, llenado de frutos y cosecha al 100%; este experimento solo llegó hasta la floración. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con 5 tratamientos, 5 repeticiones por cada uno, un testigo negativo, un testigo positivo y como unidad

experimental una planta. Se realizaron 3 aplicaciones a una concentración de CL₅₀ y CL₈₀ (obtenidas a partir de los ensayos in vitro) para cada uno de los fosfitos, el actigar se aplicó utilizando la dosis comercial recomendada 30 gr/H. La primera aplicación se realizó en el momento del trasplante y posteriormente las siguientes aplicaciones se realizaron cada 30 y 45 ddi o ddt. Finalmente, como actividades secundarias se eliminaron los brotes vegetativos para que la planta desarrollara a un solo tallo y aplicación de insecticidas para el manejo de la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*).

3.5. Variables evaluadas

Se determinó la severidad de *Cmm* en plantas de tomate mediante la escala propuesta por Sent *et al.* (2013), y la cual se constituye de cinco clases; 0: plantas sin síntomas, 1: una hoja con síntomas de marchitez, 2: más de una hoja marchita, menos del 50% de las hojas con síntomas de marchitez, 3: entre el 50% y el 75% de las hojas marchitas, 4: más del 75% de las hojas marchitas, pero menos del 100% y 5: toda la planta marchita y muerta. Para determinar la severidad de la enfermedad, se realizaron lecturas de severidad a los 7 ddi, 30 ddi y 60 ddi, con los datos registrado se calculó el área debajo de la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) con la fórmula propuesta por Shaner y Finney (1977).

$$ABCPE = \sum_{i=0}^n \left(\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Donde:

ABCPE es el área baja la curva sobre el progreso de la enfermedad, Y_i se refiere a la intensidad de la enfermedad, t es el tiempo de evaluación en ddi y n el número total de evaluaciones.

También se registraron los siguientes parámetros agronómicos: Altura de planta (ALTP), diámetro del tallo (DT), peso fresco de la planta (PFP), peso fresco de raíz (PFR), longitud de la raíz (LR), numero de racimos, SPAD, Nitrógeno.

Para cada variable se realizó un análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) ($p \leq 0.05$) con el programa estadístico del SAS versión 9.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de los fosfitos *in vitro* sobre *Cmm*

El efecto inhibitorio de las diversas fuentes de fosfitos sobre el crecimiento de *Cmm* pueden ser observados en la Tabla 1; donde se puede observar que el FK presenta un rango de inhibición de 34.5- 74.2 %, siendo las concentraciones de 4000 y 2000 ppm donde se pudo obtener los mejores porcentajes de inhibición. Mientras que en FCa el rango de inhibición fue de 27.8-93.1%, siendo que los mayores porcentajes de inhibición se obtuvieron en las concentraciones de 500, 1000, 2000 y 4000 ppm. Sin embargo, en el caso de FZn y FMg la mayor inhibición fue lograda por la concentración de 4000 ppm, siendo de 66 y 51.9 % respectivamente.

Los datos antes mencionados, son similares a los reportados por Lobato *et al.* (2010); quien al evaluar fosfitos (FCa, FK y FCu) en cuatro patógenos de la papa (*Phytophthora infestans*, *Streptomyces scabies*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium solani*), los fosfitos expresaron alto potencial en la inhibición de los patógenos ya mencionados; siendo los FCu fue el que registro una mayor inhibición contra los patógenos, ya que en concentraciones de 0.67 y 1 % inhibió el 100% del crecimiento. Por otro lado, el FCa en las mismas concentraciones, logró inhibir el crecimiento de la bacteria *S. scabies* en un 90-96 % respectivamente; sin embargo, el FK a la misma concentración redujo la inhibición del *S. scabies* en un 60 y 80% respectivamente. De igual forma Milech y Rodrigues (2020), reportaron inhibición en el crecimiento del micelio del moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*) cuando fueron tratadas con fosfitos (FK, FCa y FZn). Después de las 72 horas de la incubación el crecimiento del micelio *S. scleretiorum* fueron de 94, 98 y 98% para FCa, FZn y FK respectivamente cuando aplicaron a una concentración de 7.5 mL·L⁻¹. Por otra parte, nuestros resultados obtenidos con el FZn muestran diferencia ya que ellos reportan una inhibición de 98%, mientras que en esta investigación se registraron inhibiciones del 66%.

Tabla 1. Efecto inhibitorio de los fosfitos sobre el crecimiento de la bacteria *Cmm*

Tratamiento	Fosfitos			
	Potasio	Calcio	Zinc	Magnesio
Testigo	0.0±0.0 g	0.0±0.0 e	0.0±0.0 f	0.0±0.0 f
15.62 ppm	34.533±1.618 f	27.812±1.402 d	32.483±0.702 e	27.546±1.206 e
31.25 ppm	37.254±2.247 ef	32.443±0.844 dc	35.466±1.503 d	28.633±3.119 e
62.5 ppm	40.840±1.028 ed	33.308±0.616 dc	34.164±0.379 ed	34.805±1.326 d
125 ppm	42.342±1.233 d	34.147±0.637 c	39.462±1.097 c	34.631±1.330 d
250 ppm	43.844±5.480d	48.174±7.756 b	39.299±0.681 c	36.368±1.413 cd
500 ppm	49.823±1.283 c	93.005±0.907 a	40.436±0.738 c	37.032±0.433 cd
1000 ppm	56.435±0.584 b	92.741±0.202 a	40.628±1.993 c	40.474±3.919 cb
2000 ppm	70.782±0.482 a	92.784±0.062 a	49.503±2.180 b	41.428±2.439 b
4000 ppm	74.239±1.709 a	93.126±0.217 a	66.034±2.186 a	51.920±1.912 a
p-valor	0.0001			

Medias en la misma columna con la misma letra no muestran diferencia significativa (Tukey, 0.05).

Tabla 2. Estimación de la CL₅₀ para las diversas fuentes de fosfitos.

Tratamiento	CL ₅₀	Limites Fiduciales		Ecuación de predicción	R ²	
		Inferior	Superior			
Fosfitos	K	496.28	311.743	790.786	Y= -1.152+0.4274x	0.8502
	Ca	235.12	88.290	544.180	Y= -2.421+1.0210x	0.5608
	Zn	2,890	1310	11992	Y= -0.9424+0.2723x	0.9600
	Mg	16,715	4345	569172	Y= -0.9343+0.2212x	0.8375

La comparación del efecto inhibitorio de diversas fuentes de fosfitos (FK, FMg, FCa y FZn) en *Cmm* se calcularon los valores CL₅₀. Los resultados mostraron que el FCa se obtuvo el valor más bajo donde el CL₅₀ fue de 235.129 ppm siendo el fosfito con una mejor inhibición y seguida de FK con un 496.282 ppm como se observa en la tabla 2. Datos similares reportaron Lobato *et al.* (2010), quienes examinaron la sensibilidad de patógenos de papa siendo el FCu quien presentó el valor más bajo seguido de FCa donde el EC₅₀ fue de 0.37% a *Streptomyces sacbies*. Así mismo Hunter *et al.* (2022), la EC₅₀ evaluada en cinco especies de *Phytophthora* tratadas con fosfitos de potasio observaron diferencias en la sensibilidad al fosfito en respecto a la EC₅₀, donde *P. cinnamomi* obtuvo una mejor inhibición del patógeno cuando el EC₅₀ fue de 32.1 µg/mL seguida de *P. pluvialis* a una EC₅₀ de 33.63 µg/mL. Sin embargo, *P. kernoviae*, *P. citricola* fueron los menos sensibles al fosfito además la EC₅₀ fueron de 118.04 y 146.64 µg/mL respectivamente.

4.2. Severidad

La severidad de la enfermedad del cancro bacteriano causada por *Cmm* sobre plantas de tomate variedad Rio Grande, se registró la aparición de los síntomas a los 30 ddi los cuales se presentaron en todos los tratamientos evaluados, donde las plantas manifestaron un marchitamiento ligero en los folíolos; a los 45 ddi las hojas se enchinaron y aparecieron estrías necróticas y a los 60 ddi algunas plantas mostraron marchitez completa, que finalmente llevo al colapso de la planta (Figura 4), este síntoma se observó con mayor frecuencia en el TP.

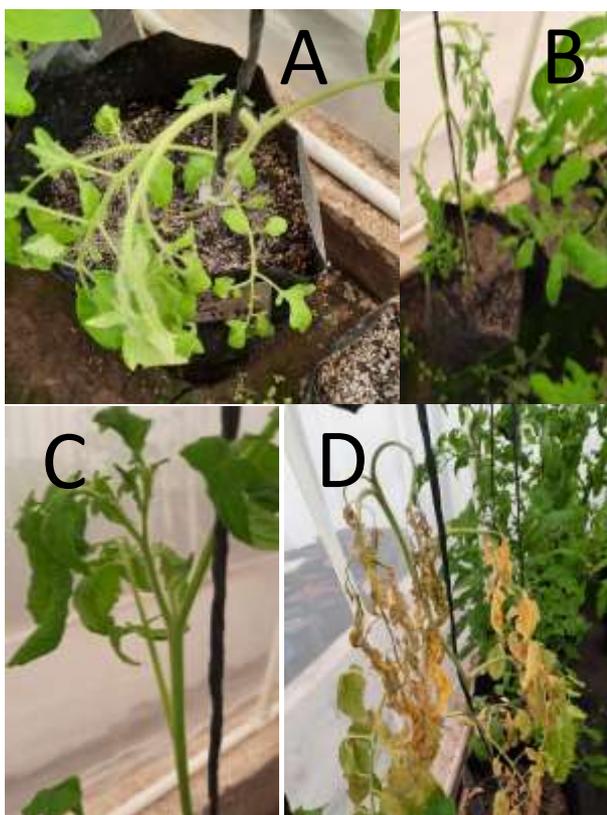


Figura 2. Sintomatología observada en plantas de tomate inoculadas con *Cmm*. A y B) Plantas con marchitez, C) Hojas enrolladas y D) Planta muerta.

El efecto de los fosfitos (FK, FCa, FZn, FMg y Actigar®) sobre el ABCPE en tomate inoculado con *Cmm* pueden ser observados en la Tabla 3; el tratamiento con mejor control del *Cmm* fue Fk80 ya que presentó menor ABCPE y reduciendo la severidad en 57% en comparación con el TP. Sin embargo; los FK50, FZn50 y FCa80 redujeron el ABCPE en 51, 51.4, 46% respectivamente. El FMg80 y el TP fueron los tratamientos que presentaron mayor severidad.

Los resultados de esta investigación difieren a lo reportado por Haji *et al.* (2023), quienes mencionan que el uso de fosfitos (FCa, FK, FCu, FZc/Mn y FMg) muestran una alta eficiencia en el control de la mancha bacteriana causada por *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, siendo lo fosfitos de magnesio y zinc/manganeso los que redujeron la severidad en 66.5 y 75 %. Por el contrario, Junqueira *et al.* (2011), mencionaron que plantas de maracuyá infectadas con *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae* cuando aplicaron FK redujo la severidad de la enfermedad en un 40% y además lograron un mayor rendimiento. Así mismo Lobato *et al.* (2011), observaron que el fosfito de potasio redujo en un 50% el tamaño de las lesiones en tubérculos de plantas de papa producidas por *Phytophthora infestans*, *Fusarium solani* y *Erwinia carotovora* en comparación a los tubérculos cosechadas de plantas no tratadas; siendo estos resultados similares a los obtenidos en esta investigación.

Tabla 3. ABCPE acumulada en la aplicación de fosfitos.

Tratamiento	ABCPE
TN	0±0 D
FK80	103.333±18.113 C
Fk50	119.000±0 BC
FZn50	119.333±62.065 BC
FCa80	131.166±20.495 BC
Actigar®	154.833±47.003 BAC
FMg50	154.833±66.543 BAC
FZn80	159.000±61.092 BAC
FCa50	174.666±106.532 BAC
FMg80	206.333±59.869 BA
TP	246.000±89.200 A
p-valor	0.0075

Medias en la misma columna con la misma letra no muestran diferencia significativa (DMS, 0.05). Dónde FK: Fosfito de potasio; FZn: Fosfito de zinc; FCa: Fosfito de calcio; FMg: Fosfito de magnesio, TN: Tratamiento negativo, TP: Tratamiento positivo.

4.3. Parámetros Agronómicos Evaluados

La aplicación de fosfitos en el cultivo de tomate inoculadas con *Cmm* se ve favorecido ya que se observaron un impacto en el desarrollo de la planta en los parámetros evaluados, como se observa en las Tablas 4 y 5.

4.3.1. Altura de la Planta

En la altura de la planta el TN fue el que registró la mayor altura, seguido por el Actigar. El FCa50 no mostro diferencia significativa con el Actigar®, así mismo demostró un aumento del 4.25% en altura en comparación con el TP. Siendo los tratamientos de FMg50 y FK80 la que menor altura presentaron, con una disminución del 44 y 43 % respectivamente. Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con lo reportado por Roque *et al.* (2022), quien al evaluar (FMn, FCa, FZn, FK, FCu y ASM) en plantas de tomate inoculadas con *Candidatus liberibacter solanacearum* registraron un incremento en la altura de la planta en relación al testigo, siendo el FCa el que mostro incremento del 6.4% en altura, por su parte Álvarez *et al.* (2018), reportaron un incremento en la altura del tallo de las plantas de rosa infectadas con mildiu veloso causadas por *Peronospora sparsa* en un 24.8% al ser tratadas con fosfitos.

4.3.2. Diámetro del Tallo

En respecto al grosor del tallo el TN es el que presento mayor diámetro, sin registrar diferencia significativa con los tratamientos FK50 y FCa80, los cuales presentaron un incremento de 2.17 y 2.106 veces con el grosor del tallo registrado por TP. Los tratamientos FMg80, FCa50 y FZn80 mostraron un incremento del diámetro del tallo de 3, 30.46 y 24.19% en cada uno, si representar diferencia significativa con el tratamiento TP. En conformidad con nuestros resultados Álvarez *et al.* (2018), reportaron que las plantas de rosa tratadas con fosfitos de potasio mostraron incremento en el diámetro de tallo en un 7.5% cuando fueron expuestas con mildiu veloso provocada por *Peronospora sparsa*. Por otro lado, Roque *et al.* (2022); mencionan que en plantas de tomate inoculadas con *Candidatus liberibacter solanacearum* aplicadas con fosfitos mostraron incremento en el diámetro del tallo en un 5%.

4.3.3. Numero de Racimos

En cuanto al parámetro número de racimos el TN y FCa50 fue el que expreso la mejor respuesta en este parámetro, sin mostrar diferencia estadística con el TN, donde el FCa50 se observó un incremento de 64% respecto al TP. Sin embargo, los tratamientos FCa80 y FK50 tuvieron un incremento de 23.5 y 5.8% respectivamente en comparación con el TP, siendo los FMg80, FK80, FZn50, FZn80 y Actigar® que presentaron una disminución de 29-52% en el número de racimos en comparación con el TP. Resultados similares reportaron Salamanca

y Alvarado (2012) quienes al evaluar proteína harpin y fosfitos de K sobre plantas de tomate infectadas con mildiu polvoso causada por *Oidium* sp. observaron que el FK mostro un incremento en número de frutos y rendimiento por planta.

4.3.4. Peso Fresco de la Planta

Para el parámetro PFP el TN fue el tratamiento que mayor PFP registro; cabe destacar que no registra diferencia significativa con el tratamiento FCa50, en el que se observó un incremento del 62.7%. Mientras que Actigar®, FMg50 y FCa80 registraron incrementos en el PFP del 6.8, 8.8 y 43.8% respectivamente en relación al TP. Siendo los FMg80, FK80, FZn50, FZn80 quienes presentaron disminución de 35, 67, 69, 39%. Datos similares reportaron Roque et al., (2022) quien al evaluar fosfitos (FMn, FCa, FZn, FK, FMg) y acibenzolar S-metil en plantas de tomate infectadas con *Candidatus liberibacter solanacearum* observaron un incremento en el PFP en un 10%. De igual forma Cortez et al. (2018), reporta que en plantas de piña inoculadas con *Phytophthora* sp. quienes aplicaron fosfito de potasio a diferentes concentraciones observaron un incremento en un 20% en su PFP.

Tabla 4. Respuesta de las plantas de tomate inoculadas con *Cmm* a la aplicación de fosfitos.

Tratamiento	Variables agronómicas (medias \pm desviación estándar)			
	Altura	Diámetro del tallo	Racimos	Peso fresco planta
FMg50	56.00 \pm 23.424 C	4.208 \pm 0.762 BAC	4.250 \pm 2.754 BA	159.666 \pm 115.335 BAC
FMg80	66.25 \pm 21.422 CB	3.000 \pm 0.339 C	3.000 \pm 2.160 B	95.000 \pm 40.595 DC
FK50	66.75 \pm 32.715 CB	6.315 \pm 1.483 BA	4.500 \pm 2.380 BA	147.000 \pm 67.089 BC
FK80	57.00 \pm 19.357 C	4.155 \pm 0.977 BAC	3.000 \pm 2.000 B	48.000 \pm 16.703 D
FZn50	61.76 \pm 24.999 CB	4.030 \pm 0.421 BC	2.000 \pm 0.817 B	44.000 \pm 31.320 D
FZn80	79.25 \pm 18.319 CB	3.608 \pm 1.601 C	2.750 \pm 1.708 B	88.333 \pm 40.648 DC
FCa50	104.25 \pm 53.549 CB	3.790 \pm 2.504 C	7.000 \pm 4.082 A	238.666 \pm 74.144 A
FCa80	95.75 \pm 34.884 CB	6.120 \pm 1.396 BA	5.250 \pm 1.500 BA	211.000 \pm 12.489 BA
TP	100.00 \pm 60.658 CB	2.905 \pm 2.988 C	4.250 \pm 3.096 BA	146.666 \pm 27.098 BC
Actigar®	109.00 \pm 50.033 B	4.138 \pm 1.859 BAC	2.000 \pm 1.826 B	156.666 \pm 52.700 BAC
TN	161 \pm 18.530 A	6.340 \pm 0.935 A	7.000 \pm 1.826 A	239.000 \pm 13.892 A
p-valor	0.0068	0.0238	0.0369	0.0009

Las medias en la misma columna con la misma letra no muestran diferencia significativa (DMS, 0.05). Dónde FK: Fosfito de potasio; FZn: Fosfito de zinc; FCa: Fosfito de calcio; FMg: Fosfito de magnesio, TN: Tratamiento negativo, TP: Tratamiento positivo.

4.3.5. Clorofila (en unidades SPAD)

Respecto al parámetro de la clorofila el TN es el que presento mayor rendimiento fotosintético en cambio los tratamientos FZn50, Actigar® y FCa50 mostraron un incremento en 6 - 10% comparados con el TP; siendo los demás tratamientos presentaron una disminución en la clorofila. Resultados similares reportaron Hailey y Percival (2014) en plantas de manzano expuestas por *Venturia inaequalis* que ocasiona la sarna del manzano al evaluar el efecto de diversas fuentes de fosfitos (FK, FCa, FZn, FSi, FCu) y un fungicida comercial penconazole observaron un incremento en la actividad fotosintética en la planta. Asimismo, Cervera *et al.* (2007), reportaron un incremento en el rendimiento fotosintético en plantas de aguacate al ser infectadas con *Phytophthora cinnamoni* cuando fueron tratadas con fosfitos (FK, FMg y FCa) y observaron que los tratamientos con FCa y FK mejoraron la eficiencia fotosintética.

4.3.6. Peso Fresco de la Raíz

En cuanto al parámetro de PFR el TN obtuvo los mejores resultados, sin embargo; FCa80, FK50 y FMg50 mostraron respuesta favorable ya que se observaron un incremento de 115.4, 100, 84.75 % en su PFR respectivamente en comparación con el TP y siendo el FZn80 el que presento un menor PFR. Siendo que Roque *et al.* (2022), reportan que las plantas de tomate inoculadas con *Candidatus liberibacter solanacearum* incrementaron el PFR en un 30% en comparación al testigo cuando fueron tratadas con fosfitos de potasio. Datos similares reportaron Cervera *et al.* (2007), observaron un incremento en el sistema radicular de plantas de aguacate inoculadas con *Phytophthora cinnamoni* y tratadas con fosfitos. Así mismo Cortez *et al.* (2018), obtuvieron un incremento del 57% en PFR en plantas de piña infectadas con *Phytophthora* sp. y tratadas con fosfitos de potasio.

4.3.7. Longitud de la raíz

Los resultados obtenidos para la LR de las plantas de tomate inoculadas con *Cmm*; se observó que los FCa50, FCa80, FMg50 y FZn50 resultaron los tratamientos más sobresalientes para esta variable ya que presentaron un incremento de 84.3-176.46% en relación con TP. Siendo el Fk80 el que presento una disminución en el LR, pero no fue significativo al TP. Estos resultados coinciden con los encontrados con Cervera *et al.* (2007), quienes al evaluar el efecto de fosfitos (FCa, FMg y FK) en plantas de aguacate cultivado en

contenedores e inoculadas con *Phytophthora cinnamoni* mostraron resultados favorables en el desarrollo de la densidad del sistema radicular y número de hojas cuando aplicaron a una dosis de 0,3%.

Tabla 5. Comparación de medias de clorofila, peso fresco de la raíz y longitud de raíz.

Tratamiento	Variables agronómicas (medias \pm desviación estándar)		
	SPAD	Peso fresco raíz	Longitud de la raíz
FMg50	10.850 \pm 2.306 CD	8.000 \pm 4.582 CB	26.000 \pm 12.000 CB
FMg80	10.475 \pm 0.910 CD	4.000 \pm 2.645 CD	19.000 \pm 8.717 CD
FK50	12.462 \pm 1.685 CB	8.666 \pm 5.686 CB	17.000 \pm 8.185 CD
FK80	8.800 \pm 3.009 D	1.000 \pm 0 D	12.000 \pm 1.000 D
FZn50	14.075 \pm 3.051 B	4.000 \pm 3.000 CD	23.333 \pm 10.692 CBD
FZn80	12.037 \pm 1.556 CB	1.333 \pm 0.577 D	17.000 \pm 4.582 CD
FCa50	14.587 \pm 2.901 B	7.000 \pm 1.000 CB	35.000 \pm 10.148 B
FCa80	11.825 \pm 1.043 CB	9.333 \pm 2.309 B	32.000 \pm 4.000 B
TP	13.225 \pm 1.405 CB	4.333 \pm 2.886 CBD	12.666 \pm 2.516 D
Actigar®	14.075 \pm 1.024 B	4.666 \pm 3.214 CBD	17.000 \pm 5.196 CD
TN	21.925 \pm 1.422 A	25.666 \pm 3.214 A	50.000 \pm 3.000 A
p-valor	p-0.0001	p-0.0001	p-0.0001

Columnas con la misma letra no muestran diferencia significativa (DMS > 0.05). Donde FK: Fosfito de potasio; FZn: Fosfito de zinc; FCa: Fosfito de calcio; FMg: Fosfito de magnesio, TN: Tratamiento negativo, TP: Tratamiento positivo.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio se observaron que la aplicación de fosfitos sobre plantas de tomate inoculadas con *Cmm* mostraron resultados favorables. El FCa y FK en los resultados *in vitro* lograron inhibir el crecimiento de la bacteria, siendo el FCa quien mostro una eficiencia (93.12 %) en la inhibición sobre *Cmm*.

Los resultados del experimento en invernadero de esta investigación indican que los fosfitos lograron reducir los niveles de daño de la enfermedad, así mismo fue eficiente en las variables evaluadas. Siendo FK el que mostró mayor eficiencia para disminuir el nivel de daño del *Cmm*; así mismo se vio reflejado en la variable ALTP y DT. El tratamiento FCa fue sobresaliente en las variables evaluadas en comparación con los demás tratamientos y se observó mejores resultados en las variables NR, PFP, SPAD, PFR y LR. Los resultados de esta investigación muestran que los fosfitos podrían ser implementados dentro de un programa de manejo integrado para *Cmm* en tomate.

BIBLIOGRAFIA

- Abbasi P. A. and Lazarovits G. 2006. Seed treatment with phosphonate (AG3) suppresses *Pythium* damping-off of cucumber seedlings. *Plant Disease* 90:459-464.
- Acimovic, S. G., Zeng, Q., McGhee, G., Sundin, W. G., Wise, C. J. 2015. Control of fire blight (*Erwinia amylovora*) on apple trees with trunk-inject plant resistance inducers and antibiotics and assessment of induction of pathogenesis-related protein genes. *Front. Plant Sci.* 6:16.
- Alam, T., Rustgi, S. 2022. Manejo orgánico de la marchitez o marchitamiento bacteriano del tomate y la papa causada por *Ralstonia solanacearum*. *Eorganico*.
- Alvarez, R. P., Garcia, V. R., Mora, H. M. E., Salgado, S. M., Domínguez, S. D. 2018. Identificación y Alternativas de Manejo del Mildiu Velloso en Rosal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(8). México, ME: 1577-89.
- Baudoin, A. 2017. Manual técnico de producción de tomate con enfoque de buenas prácticas agrícolas. Ministerio de desarrollo rural y tierras.
- Bella, P., Lalacci, G., Licciardello, G., La rosa, R. 2012. Caracterización de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* en tomates de invernadero en Italia. *Revista de patología vegetal*.
- Bernal R. 2010. Enfermedades de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Invernadero en las Zonas de Salto y Bella Union. INIA.
- Blanca J, Cañizares J, Cordero L, Pascual L, Díez MJ, Nuez F (2012) La variación revelada por el genotipado y la morfología de SNP proporciona información sobre el origen del tomate. *MÁS UNO* 7(10):e48198
- Borboa-Flores J, Rueda Puente E. O., Acedo Félix E, Ponce J. F., Cruz M, Grimaldo J.O. y García Ortega, AM. 2009. Detección de *Clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis* en el tomate del estado de Sonora, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32(4): 319-326.
- Brunings, A. M.; Liu, G.; Simonne, E. H.; Zhang, S.; Li, Y. and Datnoff, L. E. 2015. Are phosphorous and phosphoric acids equal phosphorous sources for plant growth? UF IFAS Extension, University of Florida. 1-8 pp.

- Cervera, M., Cautin, R., Jeria, G. 2007. Evaluation of calcium phosphite; magnesium phosphite and potassium phosphite in the control of *Phytophthora cinnamomi* in has avocado tres (*Persea americana* Mill) grown in container. Proceedings VI World Avocado Congress. Viña Del Mar, Chile.
- Cortés, G. K., Camacho, C. M., Mata, G. X. 2018. Efecto de fosfitos de potasio sobre *Phytophthora* sp. y parámetros de crecimiento en plantas de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*). Agroinnovacion en el trópico húmedo.
- Crescencio, A. E. 2017. Enfermedades virosas del tomate en México. UACH.
- De León, G. L. J. 2008. Diagnóstico, epidemiología y control de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*.
- De León, L., Siverio, F., López, M. M., Rodríguez, A. 2011. *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, a seedborne tomato pathogen: Healthy seeds are still the goal. The American Phytopathological Society.
- De León, L., Siverio, F., López, MM y Rodríguez, A. (2008) Eficiencia comparativa de compuestos químicos para actividad *in vitro* e *in vivo* contra *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, el agente causal del cancro bacteriano del tomate. Protección de cultivos 27(9), 1277-1283.
- Delgado-Ortiz, J. C., Beltrán, B. M., Cerna, C.E., Aguirre, U. L. A. Landero, F. J., Rodríguez, P. Y., Ochoa, F. Y. M. 2020. Candidatus liberibacter solanacearum patógeno vascular de solanáceas: Diagnostico y control.
- Delices, G., Leyva, O. O. R., Mota, V. C., Nuñez, P. R., Gomez, P. R., Andres, M. P., Serna, L. R. 2019. Biogeografía del tomate solanum lycopersicum var. Cerasiforme en su centro de origen (Sur de América) y de domesticación (México). Revista de Biología Tropical.
- EFSA. 2014. Scientific opinion on the pest categorisation of *clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith).
- EPPO. 2022. Ficha técnica sobre *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*.
- Faria, T. G. y Maringoni, C. A. (2000). Acción *in vitro* e *in vivo* de productos químicos sobre *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, agente causal del cancro bacteriano del tomate. Scientia Agrícola V.57, p.439-443.

- Fasio, C., Armando, J., Estrada, G., Raymundo, S. Molar, A., Zequera, M., Ocampo, M, Espinoza, G. 2001. Sensibilidad a cobre de cepas de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* en Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología.
- Fatmi, M. y Schaad, N. W. 2002. Survival of *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis* in infected tomato stems under natural field conditions in California, Ohio and Morocco. Plant pathology. P. 149-154.
- Fornaris, J. G. 2007. Conjunto tecnológico para la producción de tomate. Colegio de ciencias agrícolas.
- Frias-pizano, J., García, A. G., Rico, S. K. F., Chavira, G. M. M., González, G. R. G., Pacheco, T. I., Olvera, G. L. 2016. Detección de *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis* por PCR en plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)
- Gabrielson, J., Hart, M., Jarelöv, A., Kühn, I., McKenzie, D., and Möllby, R., 2002. Evaluation of redox indicators and the use of digital scanners and spectrophotometer for quantification of microbial growth in microplates. Journal of Microbiological Methods, 50(1), 63-73.
- Gamboa, S., Romero, A. M., Rolleri, J. 2011. Cancro bacteriano del tomate. Epidemiología y manejo en el cinturón verde de Buenos Aires- la Plata.
- Garcia, C. K., Camacho, C. M., Mata, G. X. 2018. Efecto de fosfitos de potasio sobre *Phytophthora* sp. y parámetros de crecimiento en plantas de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*). Agroinnovacion en el trópico húmedo.
- Garcia-Velasco, R., Mora, H. M. E., Mejia, C. J., Aguilar, M. S., Gonzalez, M. M. 2021. Fosfitos de potasio en el manejo de *Peronospora sparsa* Berkeley y calidad floral del cultivo de rosa cv. Samourai.
- Gitaitis, R., Mccarter, S., Jones, J. (1996). Control de enfermedades en trasplantes de tomate producidos en Georgia y Florida. Plant Disease, V.77, p. 1069-1076.
- Gleason M, E J Braun, R H Peterson (1993) Survival and dissemination of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in tomatoes. Phytopathology 81:1519-1523.
- Gómez, J. R., Hernández, F. L. M., Cossio, V. L. E., López, A. J. G, Sánchez, L. R. 2011. Enfermedades fungosas y bacterianas del cultivo de tomate en el estado

- de Nayarit. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 19.
- Gómez-Merino, C. F. y Trejo-Téllez, L. I. 2015. Biostimulant activity of phosphite in horticulture. *Scientia Horticulturae*, p. 82-90.
- Hailey, E. L., Percival, C. G. 2014. Comparative Assessment of Phosphite Formulations for Apple Scab (*Venturia inaequalis*) Control. *Arboriculture urban forestry*. 237-243.
- Haji, N., S. M. y Horuz, S. 2023. Determination of the efficacies of different phosphites in the management of tomato bacterial speck disease caused by *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*. *Mustafa kemal Universitesi Tarim Bilimleri Dergisi*, 28 (1), 25-37.
- Hausbeck, M. K., Bell, J., Medina-Mora, C., Podolsky, R., & Fulbright, D. W. (1999). Effect of Bactericides on Population Sizes and Spread of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* on Tomatoes in the Greenhouse and on Disease Development and Crop Yield in the Field. *Phytopathology*, 90(1), 38–44.
- Hunter, S., McDougal, R., Williams, N. et al. 2022. Variabilidad en la sensibilidad al fosfito observada dentro y entre siete especies de *Phytophthora*. *Plant Pathol de Australasia*. 51 , 273–279 (2022).
- INEGI. 2022. Resultados definitivos del censo agropecuario 2022.
- INRAE. 2021. *Xanthomonas* spp. Costra bacteriana. *Ephytia*.
- Janse, j. D, 2004. Fatty acid analysis in the identification, taxonomy and of plant pathogenic bacteria. *Molecular Microbial Ecology Manual*, 2nd ed. New York, USA: Springer Publishing, 973-982.
- Junqueira, K. P., Faleiro, G. F., Uesugi, C.H., Junqueira, N. T.V, Bellon, G., dos Santos, E. C., Ramos, L. N. 2011. Desempenho agronómico de maracujazeiros tratados com produtos alternativos e fertilizantes foliares. *Revista Brasileira de Fruticultura*.
- Lewis, I. M, L.and Miller, S. A. 2005. Evaluation of hot wáter seed treatment for the control of bacterial leaf spot and bacterial canker on fresh market and processing tomatoes. *Acta Horticulture* 695: 197-204.

- Lobato M. C., Olivieri F.P., González A. E. A., Wolski E. A., Daleo G. R., Caldiz D. O. and Andreu A. B. 2008. Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. *European Journal Plant Pathology* 122:349-358.
- Lobato, C. M., Olivieri, P. F., Andreu, B. A. 2010. Antimicrobial activity of phosphites against different potato pathogens. *Journal of Plant Diseases and Protection*, p. 102-109.
- Lobato, M. C., Milagros; F. M. Tambascio; C; Guillermo A.A.; Caldiz, G.O., Gustavo R.D; Andreu A.B., Florencia O. F. 2011. Effect of foliar applications of phosphite on post-harvest potato tubers. *European Journal of plant pathology*, 130, 155-163.
- López, M. L. (2017). Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*). P.121.
- Maeso, T. D. C. 2020. El cancro bacteriano del tomate: aportes experimentales para su manejo integrado. INIA.
- Márquez, Z. I. 2019. Variabilidad morfológica y molecular de diferentes cepas de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en zonas productoras de México. Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Martínez-Ruiz, E., L. Cervantes-Díaz, C. Aíl-Catzím, L. Hernández-Montiel, C. Del Toro, y E. Rueda-Puente. (2016). Hongos fitopatógenos asociados al tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) En la zona árida del noroeste de México: la importancia de su diagnóstico. *European Scientific Journal* 12
- Masoko, P., Picard, J., and Eloff, J. N., 2005. Antifungal activities of six south African *Terminalia* species (Combretaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 99(2), 301-308.
- Melgar, C.J., Rivera, M. J., Brown, J., Weller, S. 2012. Marchitez bacteriana en solanáceas: su reconocimiento y manejo integrado. FHA.
- Milagros, L. M. 2010. Bacteriosis de las plantas hortícolas en cultivo protegido.
- Milech, E. A. y Rodrigues, A. F. 2020. Potassium, calcium and zinc phosphites on white mold control in soybean. *Bragantia, Campinas*, v. 79, n. 3, p.417-424.

- Miranda, M. A. 2022. Regiones productoras de tomate en México.
- Mohan, V. A., Ram, B., Mrinalini, M., Datta, D., Bhat, A., Reddy, K. M., Agrawal, K. P. 2017. Fosfito: un nuevo fertilizante fosfatado para el manejo de malezas y el control de patógenos. *Revista de biotecnología vegetal*,. Pag. 1493-1508.
- Monardes, H. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill): Características botánicas. Origen (en línea). Chile. Universidad de Chile 13 p. Consultado 8 oct. 2016. Disponible en http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf
- Monreal, V. C. T. 2005. Desarrollo de métodos de diagnóstico molecular de enfermedades virales, bacterianas y fúngicas en hortalizas. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.
- Montaño, M. I. E., Valenzuela, P. I. N., Villavicencio, L. K. V. 2021. Competitividad del tomate rojo de México en el mercado internacional: análisis 2003-2017. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*.
- Morales, M. E. J., Martínez, C., A. R., López, S.J. A., Castillo, G. A. M. Rubi, A. M. 2022. Los fosfitos y sus aplicaciones en la agricultura. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*.
- Nakazato, T., Warren, D. L., & Moyle, L. C. (2010). Ecological and geographic modes of species divergence in wild tomatoes. *American Journal of Botany*, 97, 680-693.
- 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. *Molecular Plant Pathology*, 19(8), 2036–2050.
- Obrador, S. J. A. 2016. Variabilidad genética de la bacteria *Ralstonia solanacearum* de cepas aisladas de plátano en México. CICY.
- Obregón, V. 2014. Guía para la identificación de las enfermedades de tomate en invernadero.
- Ogoshi C, de Abreu M.S., da Silva B.M., Neto H.S., Júnior PMR and de Resende MLV. 2013. Potassium phosphite: a promising product in the management of diseases

- caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in coffee plants. *Bioscience Journal* 29:1558-1565.
- Olvido, A, Cordoba, M. C., Font, I., Jorda, M. C. 2013. Virosis relevantes en el cultivo tomate (detección, diagnóstico y control). Phytoma-España, S. L.
- Orona-Castillo, I., Del-toro, C. I., Fortis, H. M., Preciado, R. P., Espinoza, A. J.J., Rueda, P. E. O., Flores, V. M. Cano, R. P. 2022. Indicadores técnico-económicos de la producción del cultivo de tomate bajo agricultura protegida en la Comarca Lagunera, Mexico. *Biocencia*.
- Palacio, B. A., María, T. G., Mariano C., Ester M. N, Pablo L., Elena G. B., Montserrat R., Emilio M., Isidre L., Esther B., Jordi C., Anna B., Lúdia R., Concepció M., Jesús F. y Carmen D. 2012. El fuego bacteriano de las rosáceas. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Peralta, I. E., Knapp, S. y Spooner, D. M. 2006. The taxonomy of tomatoes. A revision of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.) and their outgroup relatives (*Solanum* sections *Juglandifolium* (Rydb.) Child and *Lycopersicoides* (Child) Peralta). *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Garden*.
- Perea-Soto, J. M., García E. R. S., Allende, M. R., Carrillo F. J. A., León F. J., Valdez T. B., y López S. F. S. M. 2011. Identificación de razas y biovars de *Ralstonia solanacearum* aisladas de plantas de tomate. *Revista Mexicana de Fitopatología* 29:98-108.
- Peritore-Galve, F. C., Tancos, M., Smart, D. C. 2021. Cancro bacteriano del tomate: Revisión de un patógeno transmitido por semillas global y económicamente dañino. NIH.
- Prados, I. y Henson, M. 2017. Marchitez bacteriana del sur del tomate. Publicaciones de extensión estatal de Carolina del Norte.
- Preston, G. 2001. *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*: el patógeno adecuado, de la planta adecuada, en el momento adecuado. *Patología vegetal molecular*. Pag. 263-275.

- Reveles-Torres, L.R., Velásquez, V. R., Salas, M. S., Armando, J., Castillo, M. 2016. *Candidatus liberibacter solanacearum*. Un nuevo patógeno en el cultivo de chile en el norte centro de México. INIFAP.
- Rivas, G. T., Hernández, M. L. G., Alejandre, R. A. 2022. Inductores de defensa para activar el sistema inmune de las plantas. Novedades científicas.
- Rivera-Sosa, L. M., Ramirez-Valverde, G., Martinez-Yañez, B., Judith, H. A., Aranda, O. A. 2022. Respuesta de variedades de tomate (*Solanum lycopersicum*) a *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis*. Revista Mexicana de Fitopatología.
- Rodolfo, V. J. 2023. México, referente mundial en el cultivo y exportación de jitomate. Producción de jitomate mexicano creció 9.5% en la última década.
- Rodríguez, A. G., García, L. J., Fernández, P. S. P. 2011. Enfermedades del jitomate (*Solanum lycopersicum*) cultivado en invernadero en la zona centro de Michoacán. Revista Mexicana de Fitopatología.
- Rojas, J. (2015). Manejo del cultivo de tomate. San José, Costa Rica, MAG.
- Rolleri, J. (2015). Cancro bacteriano del Tomate: Diagnostico y Prevención de su Dispersión en el Cultivo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales-Universidad Nacional de La Plata.
- Romero, A. L. G. 2011. Control biológico de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Roque, E. A. 2019. Efecto de Fosfitos como inductores en el Cultivo de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Inoculadas con *Candidatus Liberibacter solanacearum*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Saavedra, R. G. 2017. Centro de origen y características de tomate. INIA
- Salamanca, C. M. y Alvarado, G. A. 2012. Efecto de la proteína harpin y el fosfito de potasio en el control de mildiu polvoso (*Frysiphe polygoni* D.C.) en tomate, en Sutamarchan (Boyacá). Ciencia y agricultura vol.9.

- Salas, G. A. L., Osorio, H. E., Espinoza, A. C. A., Rodríguez, H. R., Segura, M. T. de J., Neri, R. E., Estrada, D. B. 2022. Principales enfermedades del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de campo. Ciencia Latina.
- Sen, Y., Feng, Z., Vandenbroucke, H., Van der Wolf, J., Visser, R. G. F., Heusden, A. W. 2013. Screening for new sources of resistance to *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*) in tomato. Euphytica. 190:309-31.
- SENASICA. 2021. Cancro de los cítricos.
- SIAP. 2017. Tomate rojo o jitomate: ¿cómo lo llaman donde radicas?
- SIAP. 2019. Producción de jitomate en invernadero.
- SIAP.2023. Panorama Agroalimentario 2023, la edición estadística más importante del sector agroalimentario.
- Tello, J. C., Olmos, R., Cara, G. M., Vázquez, M. M, Camacho, F. F. 2011. La mancha bacteriana o peca del tomate en los invernaderos de Almería y granada.
- Valdez, M. M. T. 2016. Bacterias antagonistas para el control biológico de *Ralstonia solnacearum* en tomate (*Solanum lycopersici* L.). CIAD.
- Vallejo, P. M. R., Navarro, C. H. R., Sosa. H. J. A., Lara, A. J.P., Ramirez, T. H. M., Barriga, M. F., Flores, R. R., Rodriguez, V. A. G. 2018. Detection of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* assisted by micro-raman spectroscopy under laboratory conditions. Plant Pathology Journal; 34(5): 381-392.
- Velasquez, V. R., Reveles, H. M. Reveles, T. L. R. 2017. Identificación de enfermedades causadas por hongos en cultivos de Aguascalientes, Durango y Zacatecas. INIFAP.
- Vidaver, K. A. y Lambrecht, A. P. 2004. Las bacterias como patógenos vegetales. Sociedad Estadounidense de Fitopatología (APS).
- Vivanco, J., Cosio, E., Loyola-Vargas, V., & Flores, H. (2005). Mecanismos químicos de defensa en las plantas. Prensa científica, S.A.
- Werner, NA, Fulbright, DW, Podolsky, R., Bell, J. y Hausbeck, MK (2002). Limitación de las poblaciones y propagación de *Clavibacter michiganensis* subsp.

michiganensis sobre plántulas de tomate en invernadero. *Enfermedad de las plantas*, 86(5), 535–542.

Yáñez-Juárez, M. G., López-Orona, C. A., Ayala-Tafoya, F., Partida-Ruvalcaba, L., Velázquez-Alcaraz, T. de J., & Medina-López, R. (2018). Los fosfitos como alternativa para el manejo de problemas fitopatológicos. *Revista mexicana de fitopatología: la revista oficial de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*, 36(1).

Zamora-Macorra, E., Avila-Alistac, N. 2023. Virus y Viroides en jitomate (*Solanum lycopersicum*) y rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal como alternativa de manejo. *Mexican Journal of Phytopathology*.