

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO



Resistencia Sistémica Inducida con Inductores Químicos y Biológicos Para el Manejo de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* en el Cultivo de Tomate *Solanum lycopersicum* L.

Por:

SERGIO MANUEL VEGA ARMENTA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Mayo 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Resistencia Sistémica Inducida con Inductores Químicos y Biológicos Para el
Manejo de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* en el Cultivo de Tomate
Solanum lycopersicum L.

Por:

SERGIO MANUEL VEGA ARMENTA

TESIS

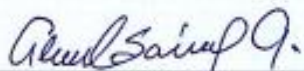
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

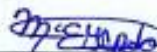
Aprobada por el Comité Asesor:



DR. EPIFANIO CASTRO DEL ANGEL
Asesor Principal



M.C. ABIEL SANCHEZ ARIZPE
Coasesor



DRA. MA. ELIZABETH GALINDO CEPEDA
Coasesor



DR ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Mayo 2026

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor 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 el autor original (corta y pega); reproducir 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 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 del Autor.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Sergio Manuel Vega Armenta

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por haberme dado la vida y acompañarme en cada uno de los momentos vividos. Por los aprendizajes que me ha dado en el camino, tropiezos y logros que me han acompañado personal y profesionalmente hasta el día de hoy. También por poner a todas aquellas personas que han sido parte en este logro, mis padres, hermana, abuelos, familia y amigos que se volvieron como hermanos.

A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Por haberme dado los mejores momentos que he tenido hasta ahora en mi vida, por haberme enseñado los valores del respeto, amor, amistad, solidaridad, lealtad, responsabilidad. Gracias por haberme forjado en lo que soy ahora, ya que me enseñaste que todo sacrificio vale la pena, que el haber estado lejos de mi familia y pasar por momentos difíciles te hacen ver que estando bajo tu cobijo todo estará bien porque me disto aquello que muchos anhelan, un sentido de pertenencia.

AL DR. EPIFANIO CASTRO DEL ÁNGEL

Por darme la oportunidad de trabajar con él, para llevar a cabo este trabajo de investigación. Por su apoyo en la parte final del trabajo experimental, paciencia, dedicación y compartir sus conocimientos desde el aula que fueron fundamentales para lograr concluir este trabajo de investigación. Gracias por ser ese Dr. que, aunque duro en sus clases, realmente se compromete a que el día de mañana seamos la mejor representación de los que es ser un egresado de la Antonio Narro impartiendo siempre conocimientos de calidad.

AL M.C. ABIEL SÁNCHEZ ARIZPE

Por haberme apoyado en la revisión de mi tesis y haber sido un gran profesor en aula de clases donde siempre buscaba el compartir sus conocimientos y el estar para los alumnos no solo en lo académico sino también apoyando de manera personal, siempre tratando de ser más que un profesor, ser un amigo.

A LA DRA. MA. ELIZABETH GALINDO CEPEDA

Por ser tan atenta desde que puse un pie en la universidad y departamento de parasitología compartir sus conocimientos, observaciones y sugerencia que fueron de suma importancia en mi trabajo de investigación. Gracias por lo impartido Dra., por seguir siendo un pilar para nuestro departamento y para los alumnos que siempre buscamos tratar de ser los mejores.

A T. A. MARÍA CRISTINA SÁNCHEZ FLORES

Por siempre haber sido ese gran apoyo dentro del laboratorio de fitopatología sin ti ni siquiera hubiéramos podido iniciar con este proyecto de investigación. También por esa compañía, conocimiento, experiencia, paciencia, entrega y dedicación que no solo fue para mí, sino para todos aquellos alumnos que tuvimos la fortuna de que nos apoyaras en el laboratorio. Gracias por ser una persona con un corazón sumamente puro y noble, simplemente gracias por tu gran amistad.

A MIS AMIGOS DE GENERACIÓN

Para Aidé, Fernando, Montero, Luis, Mayte y Erick por su amistad que me brindaron durante toda la carrera, todos los momentos vividos que fueron difíciles, duros, pero definitivamente fueron más los buenos. Por apoyarme en la parte personal y académica, siempre serán parte de mi historia.

A MIS AMIGOS DE VOLEYBALL

Gracias a este maravilloso deporte y club deportivo que logro que nunca me perdiera en el camino académico y también logro que formara grandes amistades durante toda mi estancia en la UA como lo fue Guito, Marco y Juan Sáenz, Toro, Julio, David, Robín, Alejandra y todos aquellos con los que compartí cancha, pero en especial quiero agradecer aquellos a los que considero como mejores amigos: Alejandro, Paco, Poncho, Martín y Tory, gracias por su amistad y apoyo hasta el día de hoy, gracias por todos esos grandiosos momentos en el deportivo entrenando, en los viajes...., riendo y siempre divirtiéndonos, fue un honor haber compartido cancha con todos ustedes, simplemente se convirtieron en mi familia. ¡Buitres por Siempre!

A FERNANDA REYNOSO

Por ser esa persona tan importante en mi vida con la que compartí vivencias preciosas y experiencias que jamás llegue a imaginar que viviría, fuiste la causante de que por fin concluyera con mi redacción de tesis y presentación de la misma, pero también de muchos cambios buenos en mi vida personal y profesional, te debo tantas cosas en esta vida que estaré eternamente agradecido con todo lo que me diste. Gracias por ser esa mujer de tan grande y buen corazón, pero sobre todo ¡puro!, es por ello que hoy estas plasmada en este documento tan importante para mi vida. ¡Gracias Pecas!

A EL ING. JOAQUIN ELIAS (EL JEFE)

Por ser esa gran persona que me abrió las puertas de su amistad y conocimiento, gracias por ser parte muy importante de lo que hoy soy personal y profesionalmente, ha sido una pieza clave en todos los logros que hasta hoy día he logrado, quiero que sepa que siempre le agradeceré por su amistad y apoyo, le seré leal por sobre todas las cosas y por siempre lo considerare como mi mentor y gran amigo.

DR. JUAN CARLOS DELGADO

Por haber sido un buen tutor durante la carrera y ser un profesor dentro del aula que le importa compartir conocimiento de calidad, que desea que los alumnos salgan a campo y entiendan de lo que se trata en realidad el día con día la laboral de hacer producir en campo. Gracias Dr., por haberme prestado atención cuando la necesitaba para procesar mis datos obtenidos de mi trabajo experimental, usted fue quien a pesar de tener pendientes y yo ser un ex alumno no dudo en apoyarme, si el día de mañana necesita de mi apoyo lo tendrá.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

Sergio Vega Mariscal y Martha Silvia Armenta Rodriguez, con toda mi gratitud hacia ellos, porque sin ellos jamás habría conseguido este logro. A mi padre por haberme enseñado el valor del esfuerzo, del trabajo duro, la rectitud, responsabilidad y sobre todo el amor al campo, así mismo, todo lo que conlleva ejercer esta profesión con el empeño con el cual se debe de apoyar al agricultor y al campo. A mi madre por siempre haber estado desde pequeño guiando mi camino respecto a mis deseos y sueños, por siempre comprender y apoyar hacia donde me dirigía sin importar nada, así mismo, también por darme un gran amor, cariño, confianza y fe en que siempre conseguiría grandes cosas en mi vida. ¡Te Amo Mamá!

A MI HERMANA

Por estar presente durante toda mi vida mostrándome ese cariño y amor que, aunque a veces no sea muy evidente sé que está ahí y lo mismo de mi hacia ella. Te dedico esto porque somos los únicos dos hermanos los cuales sé que por lo que nos resta de vida nos seguiremos queriendo y apoyando por sobre todas las cosas.

A MIS ABUELITOS

Luis Armenta Castillo, Luis vega Guillen, María Magdalena Mariscal Salazar con todo mi corazón y amor que les tengo, les doy las gracias por apoyarme y siempre haber creído en mí, por siempre tratar de ver un buen nieto, gracias por todos sus consejos, regaños, amor, llamadas de atención, etc. Gracias abuelita mago por alimentarme y darme un espacio domingo a domingo en su hogar hasta el día de hoy, por escucharme siempre que he ido a visitarla y me escucha con gran atención, por siempre apoyarme en mis sueños. A mi abuelito Luis Armenta por desde niño criarme y mostrarme lo lindo, maravilloso, noble, generoso y grandioso que es el campo, me has mostrado lo lindo del campo desde saber tomar una pala para ser un palero estrella como tú, el ser un regador estrella y a cultivar el campo, también ante todo siempre ser un gran amigo. ¡Amigos Toda la Vida!

A ABUELITA PAU Y TIA TERESA

Paulina Rodriguez Torres y Teresa Mariscal Salazar por las mujeres que fueron muy importantes en mi formación personal guiando mi camino aconsejándome, regañándome, abrazándome, cuidando de mí y siempre teniendo en su corazón. A mi tía teresa le agradezco por desde niño haberme visto y tratado como uno más de sus nietos en todo momento cuando venía a México y cuando yo podía ir a USA, gracias por haberme enseñado a nadar, a ser una persona responsable, respetuosa, educada, honesta, pero sobre todo correcta., por siempre estarás en mi corazón y como un día te lo prometí..... siempre te recordare donde quiera que estés. A mi abuelita Pau le doy gracias infinitas por las mil platicas que tuvimos desde que era un niño, por haberme alimentado, por darme un hogar de pequeño y grande, tu hogar junto contigo siempre serán un lugar de miles de recuerdos y vivencias increíbles, siempre serás la persona más importante de mi vida, tu simpatía, carisma, alegría, positivismo, apoyo, sabiduría y amor son lo que me acompañaran hasta la eternidad donde un día nuevamente nos habremos de encontrar, cumpliré la promesa que un día te hice ¡Te Amo Abuelita Pau!

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIAS.....	VII
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
Justificación.....	3
Objetivos General.....	4
Objetivos específicos.....	4
Hipótesis.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Antecedentes del tomate (<i>S. lycopersicum</i>).....	5
Etimología.....	5
Generalidades del Cultivo.....	6
Clasificación Taxonómica y Descripción Botánica de Tomate:.....	6
Principios Agronómicos en Tomate.....	8
Tipos de planta de tomate.....	8
Requerimientos para crecimiento y desarrollo.....	8
Tipo de suelo para tomate.....	9
Producción nacional.....	10
Importancia de <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	10
Etiología.....	12

Distribución de <i>C. michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	12
Descripción del patógeno	13
Formas de transmisión	13
Movimiento de la bacteria dentro de la planta.....	14
Ciclo biológico de la enfermedad	14
Condiciones de desarrollo	15
Sintomatología	15
Manejo y control de la enfermedad.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS	19
Localización del experimento.....	19
Colecta de muestras con síntomas de la enfermedad.....	19
Aislamiento del Fitopatógeno.....	19
Caracterización del Fitopatógeno	20
Caracterización morfológica.....	20
Caracterización mediante pruebas bioquímicas de acuerdo al protocolo de Schaad. ..	20
Extracción de ADN bacteriano	21
Producción de organismos de control biológico <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> y <i>Trichoderma harzianum</i>	22
Inoculación del fitopatógeno en tejido vegetal (tomate).....	23
Aplicación de los tratamientos.....	24
Evaluación de incidencia y severidad de <i>C. michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> en plantas de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	24
Parámetros agronómicos evaluados en la investigación	26
Distribución de los tratamientos a evaluar	26
Altura y diámetro de planta	26
Peso fresco y seco de planta completa	26

Lavado y toma de datos de la raíz	26
Rendimiento de frutos, diámetro polar y ecuatorial	27
Análisis estadístico	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
Aislamiento e identificación del Fitopatógeno	28
Caracterización de Fitopatógeno.....	28
Resultados de las pruebas realizadas para la caracterización de <i>C. michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	29
Tinción de Gram	29
Prueba de KOH	29
Prueba de Oxidasa.....	29
Prueba de Catalasa	30
Prueba de Esculina	30
Prueba de O/F	30
Prueba de Hipersensibilidad en Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>)	30
Efecto de inductores de resistencia químicos y biológicos en la promoción de crecimiento y desarrollo en tomate	31
Inductores de resistencia químicos y biológicos sobre diámetro de tallo en tomate ...	31
Inductores de resistencia químicos y biológicos sobre la altura de las plantas de tomate	33
Inductores de resistencia químicos y biológicos sobre el tamaño de raíz de tomate ...	34
Inductores de resistencia químicos y biológicos sobre peso fresco y seco de raíz de tomate	35
Inductores de resistencia químicos y biológicos sobre peso fresco y seco de planta de tomate	36

Inductores de resistencia químicos y biológicos sobre el diámetro polar y ecuatorial de frutos de tomate.....	37
Inductores de resistencia químicos y biológicos sobre el rendimiento del cultivo de tomate	38
CONCLUSIONES	39
LITERATURA CITADA.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resultados de las pruebas realizadas para la caracterización de <i>C. michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> (Schaad et al., 2001).....	28
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo patógeno del cancro bacteriano del tomate causado por <i>Clavibacter michiganensis</i> en condiciones naturales.....	14
Figura 2. Resultados de Inductores de resistencia químicos y biológicos en el diámetro de tallo de tomate. *Las barras superiores son la desviación estándar de la media.	32
Figura 3. Resultados en altura de plantas de tomate tratados con inductores de resistencia químicos y biológicos. *Las barras superiores son la desviación estándar de la media.	33
Figura 4. Resultados en tamaño de raíz de tomate tratados con inductores de resistencia químicos y biológicos. *Las barras superiores son la desviación estándar de la media.	34
Figura 5. Resultados de peso fresco y seco de raíz de Tomate tratados con inductores de resistencia químicos y biológicos, mostrando el grafico izquierdo el peso seco y el grafico derecho el peso fresco. *Las barras superiores son la desviación estándar de la media.	35
Figura 6. Resultados en peso fresco y seco de planta de tomate tratados con inductores de resistencia químicos y biológicos, mostrando el grafico izquierdo el peso fresco de planta y el grafico derecho el peso seco de planta. *Las barras superiores son la desviación estándar de la media.....	36
Figura 7. Resultados de diámetro polar y ecuatorial de frutos de tomate tratados con inductores de resistencia químicos y biológicos, mostrando el grafico izquierdo el diámetro ecuatorial y el grafico derecho el diámetro polar. *Las barras superiores son la desviación estándar de la media.	37
Figura 8. Resultados en el rendimiento del cultivo de tomate tratados con inductores de resistencia químicos y biológicos. *Las barras superiores son la desviación estándar de la media.	38

RESUMEN

Solanum lycopersicum (Tomate), procedente de América central y del norte, así como también de Sudamérica. A lo largo del tiempo se ha vuelto una planta de suma importancia, ya que es considerada la hortaliza número uno. Hablando en superficie sembrada a nivel nacional hablamos de 45,284.92 hectáreas tanto a cielo abierto, como de agricultura protegida, el ingreso generado en el año 2020 a nivel nacional fue de 31,681,937.42 pesos. Es por ello que, al ser tan importante se ha buscado el tener las mayores producciones, sin embargo, con el paso del tiempo se han presentado limitantes como agentes patógenos aún más agresivos, pero una enfermedad ha resaltado por su poder de devastación del género *Clavibacter*, que cuenta con una especie y cinco subespecies. *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* conocido como el “cáncer bacteriano del tomate” enfermedad que está clasificada como una enfermedad cuarentenaria debido a la gran amenaza económica que representa. Debido a eso se realizó trabajo experimental para determinar los niveles de resistencia del tomate a *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* bajo condiciones de invernadero con el efecto de inductores químicos y biológicos. Viendo resultados positivos con agentes biológicos contra *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* como lo fueron *Trichoderma harzianum*, *Bacillus amyloliquefaciens*, extracto vegetal (*Hamelia patens*) en las mediciones tomadas tales como lo fueron grosor de tallo, altura de planta, peso fresco y seco de plantas, diámetro polar y ecuatorial de frutos y rendimiento de plantas.

Palabras clave: Cáncer bacteriano del tomate, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Hamelia patens*, agentes biológicos.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum*), procedente de América central y del norte, así como también de Sudamérica. Hace miles de años en Mesoamérica lo llamaron “Xitomalt”, este proveniente del Náhuatl lengua hablada por los aztecas, siendo usado como alimento desde los tiempos prehispánicos. Esto hace pensar que el tomate también fue usado y cultivado, así como mejorado, produciendo una mayor diversidad en frutos por esta y otras civilizaciones desde antes de la llegada de los españoles. hoy día cuenta con diversos nombres comunes como lo es tomate, jitomate, tomatara, entre algunos otros (Brouwer *et al.*, 2006).

A lo largo del tiempo se ha vuelto una planta de suma importancia, ya que es considerada la hortaliza número uno y su fruto es de tipo baya con diferentes tintes o colores que van del amarillo al rojizo y se cultiva en gran parte del mundo, con el fin de consumir su fruto de manera fresca o puede ser procesado de diferentes maneras: enlatado, salsa, puré, entre otros (SAGARPA, 2017).

Este cultivo se establece en zonas de cálidas a templadas, con una temperatura optima de entre 20° C y 24° C, una humedad relativa que no sea mayor al 75%, con una preferencia por los suelos bien aireados, profundos, con buena materia orgánica y un pH un poco de bajo de lo neutro (ácido), (SAGARPA, 2017).

En nuestro país en gran parte de la república se produce el tomate, ya sea a cielo abierto o por agricultura protegida, dentro de los cinco estados más productores del año 2024 se encuentran Sinaloa, Michoacán, Zacatecas, San Luis y Baja California Sur. El estado de Sinaloa cuenta con una superficie sembrada de 13,342 hectáreas y una producción de 800, 115 toneladas, siendo así el estado con mayor producción e importancia del tomate (SIAP, 2024).

Hablando en superficie sembrada a nivel nacional hablamos de 49, 788 hectáreas tanto a cielo abierto, como de agricultura protegida, el ingreso generado en el año 2024 a nivel nacional fue de 37,470,073.00 pesos (SIAP, 2024).

Existen diversos patógenos los cuales afectan al tomate, pero una enfermedad ha resaltado por su poder de devastación ocasionada por el género *Clavibacter*, que cuenta con una

especie y cinco subespecies. *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* conocido como el “cáncer bacteriano del tomate” enfermedad que está clasificada como una enfermedad cuarentenaria debido a la gran amenaza económica que representan (Jaques, 2012).

En los tiempos actuales se han buscado nuevas alternativas mediante el uso de agentes biológicos para el control este patógeno, sin dejar de lado el químico, en el caso de este ataque bacteriano una de las nuevas propuestas es el uso de inductores de resistencia, productos elaborados en laboratorios a partir de materia orgánica y natural con la única finalidad de proteger y fortalecer las plantas y organismos vegetales. Así como también el mismo uso de bacterias para el control de *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, ya que se ha convertido en una nueva alternativa de control biológico.

Justificación

El cáncer bacteriano del tomate se ha convertido en uno de los problemas más importantes de dicho cultivo, ya que tiene un alto grado de devastación y debido a esto es de suma importancia su estudio y control.

Objetivos General

Inducir la resistencia sistémica del tomate a *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* bajo condiciones de invernadero por el efecto de inductores químicos y biológicos.

Objetivos específicos

1. Aislamiento y caracterización morfológica, bioquímica y fisiológica de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*.
2. Evaluar la resistencia sistémica inducida mediante el uso de inductores químicos y biológicos en el cultivo de tomate variedad Floradade determinando la incidencia y severidad de la enfermedad.

Hipótesis

Se espera que al menos un inductor produzca un efecto estimulador de los mecanismos de defensa de plantas de tomate contra *Clavibacter mchiganensis* subsp. *michiganensis*.

REVISIÓN DE LITERATURA

Antecedentes del tomate (*S. lycopersicum*)

El tomate o bien el jitomate como lo es conocido en la parte centro y sur de nuestro país fue domesticado hace 2600 años por los pueblos mesoamericanos, gracias a esto en México contamos con una gran variedad de tamaños, colores y sabores, por ejemplo: saladatte o guajillo, cereza o cherry, redondo (bola), la variedad que tenemos también nos proporciona la calidad que nos cataloga y posiciona como líderes mundiales en exportación (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

Se le conoce como tomate en la norte de México, mientras que en la parte centro y sur de México se le refiere como jitomate, así mismo se le conoce por distintos vocablos tomate saladatte o tomate bola y esto hace referencia a las distintas variedades. El tomate o jitomate es una fuente importante de minerales como calcio, fósforo, potasio y sodio, las vitaminas que contiene son A, B1, B2, y C, es por esto que el jitomate es uno de los cultivos más importantes para México y del mundo. Además, tiene propiedades medicinales entre las que destacan las siguientes: antiséptico, alcalinizante, depurativo, diurético, digestivo, laxante, desinflamatorio y remineralizante (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

Etimología

Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2022) el “Tomate rojo: como palabra con terminación ate, proviene de la lengua náhuatl, tomatl, compuesta por dos palabras, tomohuac = fruto; atl = agua, “fruto de agua”, agregándole que es de color rojo “fruto de agua rojo”.

Por otra parte, de igual forma el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2022) nos menciona que el “Jitomate: de igual manera proviene de la lengua náhuatl, xictomatl, compuesta por tres palabras, xictli = ombligo; tomohuac = fruto; atl = agua, “ombligo de fruta de agua”.

Generalidades del Cultivo

Hoy en día el tomate rojo es parte de la base de la cocina mexicana; además de su sabor, es muy nutritivo: su componente principal es el agua, contiene grandes cantidades de vitamina C y es la fuente más importante de un pigmento rojo llamado licopeno, que tiene propiedades antioxidantes y puede ser anticancerígeno (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2017).

El uso del jitomate es infinito: con él se prepara todo tipo de salsas rojas, caldillos, guisos, también puede comerse crudo en rebanadas, asado o cocido, etc., es el alma de la gastronomía mexicana; porque sin jitomate no hay salsa roja para los tacos ni mole para las fiestas, adivina qué más no habría sin jitomate... exacto, pizza (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

Clasificación Taxonómica y Descripción Botánica de Tomate:

Clasificación taxonómica: CITA

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum*

Raíz: el sistema radicular cuenta con una raíz pivotante, que a su vez produce raíces secundarias, en condiciones de suelo en los primeros 20 cm se concentra el 70% de biomasa radical, mientras que a los 30 cm se encuentran ramificaciones secundarias. En condiciones de sustrato (sin suelo) las raíces carecen de pelos absorbentes, son más gruesas y su concentración se torna a la salida del emisor (Pérez & Castro , 2013).

Tallo: durante etapas tempranas de su ciclo biológico su consistencia es herbácea y en sus etapas de maduración su consistencia en leñosa, así mismo, es anguloso, pubescente, con algunos pelos angulares. Bajo condiciones de agricultura protegida (invernadero) las plantas de jitomate son manejadas a un solo tallo eliminando los tallos secundarios que surgen de las axilas de las hojas del tallo principal. Bajo ciertas condiciones cuando se llega a dejar un segundo tallo se toma aquel brote ubicado inmediatamente debajo del primer racimo floral (Pérez & Castro , 2013).

Hojas: son simples y alternas, bipinatisectas y pecioladas. Sus segmentos foliares son de bordes lobulados, ovalados y acuminados. Suelen tener una longitud de 10 a 25 cm, también es importante señalar que normalmente hay tres hojas entre dos racimos en los híbridos de jitomate de crecimiento indeterminado (Pérez & Castro , 2013).

Flores: según Huerres y Carballo (1988), las flores son inflorescencias en forma de racimo, de color amarillo y con flores pequeñas. La cantidad de flores por racimos puede llegar a variar, por lo general puede ser de 7 a 9 aunque existen algunos casos en donde puede llegar a 100 flores, así mismo las flores son hermafroditas con 5 o 6 pétalos dispuestos en una corola tubular. (Pág. 30)

Fruto: nos menciona el INTA (1999) que los frutos del tomate o bien jitomate puede ser de formas variadas desde redondos, ovalados, aplanados, semi-ovalados, alargados, en forma de pera o uva. Con lo cual el fruto consiste en una valla con dimensiones, formas y lóculos variados según sea la especie. Los lóculos con los que cuentan las especies del consumo fresco (frutos grandes) poseen de entre 8 a 10 o más y las especies silvestres de frutos pequeños solo cuentan con dos lóculos.

Semilla: “es pequeña, con dimensiones de 5*4*2mm. Su coloración es amarillenta con matiz grisáceo; su forma puede ser aplanada, alargada, en forma de riñón, redondeada y pubescente” (INTA, 1999).

Principios Agronómicos en Tomate

Mata-Nicolás *et al.*, (2020) mencionan que los científicos con el paso del tiempo han prestado especial atención a los rasgos agronómicos del tomate, rasgos que afectan directamente el patrón de ramificación, las inflorescencias, el desarrollo del fruto y por supuesto el rendimiento final del fruto (cosecha). De acuerdo con un informe de la FAO en el año 2020 en el mundo hubo un rendimiento equivalente de 182,05 millones de toneladas y el área de cultivo es de 5,06 millones de hectáreas (FAO, 2020).

Tipos de planta de tomate

Las plantas determinadas cuentan con un tamaño definido, su mismo tamaño llega a variar de acuerdo al cultivar ya que puede haber plantas compactas, medias y largas. En este tipo de plantas en cada uno de los extremos de crecimiento aparece una yema floral tienen períodos restringidos de floración y cuajado (CHEMONICS, 2008).

Las plantas indeterminadas las cuales cuentan con un crecimiento vegetativo continuo, donde su tallo principal puede llegar a alcanzar 10 m de largo o más, si se llega a manejar a un solo tallo. Bajo este esquema de crecimiento indeterminado el cual es preferido en la agricultura protegida (invernadero), se eliminan los brotes laterales y su único tallo es tutorado con hilo de soporte. Su floración es uniforme como su cuajada (CHEMONICS, 2008).

Requerimientos para crecimiento y desarrollo

En el cultivo de tomate el rango de temperatura óptimo oscila entre los 28°- 30° C en el transcurso del día, con temperaturas igual o mayores a 35° C y menores a 10° C durante la etapa de floración propicia el aborto floral y limitan el cuajado de los frutos. En la actualidad

existen nuevas variedades las cuales son adaptables y cultivables en climas más cálidos y casi tropicales. (CHEMONICS, 2008).

Para la humedad relativa se dice que la óptima para el cultivo de tomate esta entre 65% - 70%, en dicho rango se favorece al desarrollo normal del cultivo y su polinización por ende favoreciendo una buena producción. Por otro lado, la luminosidad o radicación oscila entre las 8 y 16 horas luz al día (CHEMONICS, 2008).

Tipo de suelo para tomate

En general, para la siembra del tomate se recomiendan suelos de buen drenaje, sueltos, fértiles, profundos y de tipo arenoso-lómico. Para evitar la afectación del crecimiento del sistema radicular el suelo debe de estar libre de barreras. La profundización de la raíz puede verse influenciada por la estructura y textura del suelo y que bajo condiciones adecuadas del suelo estas pueden penetrar más de 121.92 cm (Martínez, 2007).

Por otro lado, en condiciones de hidroponía las diferentes especies hortícolas, por sus características específicas, necesitan y se adaptan a sustratos tales como: fibra de coco, vermiculita, tezontle, arena, entre otros, o bien, la mezcla de ellos, con la finalidad de obtener el crecimiento optimo y la máxima de productividad de cultivos (López-Pérez *et al.*, 2005).

Bajo estas condiciones de suelo, el cultivo de tomate crece y se desarrolla adecuadamente en un rango de pH de 5 a 6.8 el cultivo tiene una tolerancia hacia la acidez, así como también medianamente a conductividades eléctricas altas (tolerante a la salinidad) al contar con suelos permeables, de textura francosa y con buen drenaje los resultados podrán ser mejores (Lopez, 2017).

Existen factores a considerar en cuestión al riego se establece de acuerdo al clima, suelo y desarrollo del cultivo, es decir; si el riego se retrasa o la humedad en el suelo baja esto evidentemente se verá afectado en la calidad y rendimiento del cultivo (Allende *et al.*, 2017).

Como cultivo en sustrato sólido, en general el tomate prefiere la perlita como cultivo hidropónico debido a que este material permite una buena aireación, distribución y buen crecimiento radicular; otra de sus bondades es que al secarse este material es muy ligero y

una vez utilizado este material puede llegar a ser esterilizado y lavado para ser usado nuevamente (Mata-Vazquez *et al.*, 2010).

Produccion nacional

Para el año de 2022 se redujo la siembra de tomate rojo (jitomate) con respecto al año 2021 en la modalidad de riego + temporal, ya que en el año 2022 se sembraron 20, 997.98 Ha, mientras que en el año 2021 se sembraron 48,413.83 Ha, habiendo una reducción de 27, 415.85 Ha a lo largo de nuestro territorio nacional (SIAP, 2022).

El SIAP (2022) reporto un rendimiento (udm/ha) promedio hasta el mes de febrero de 38.23, por lo que hasta este mes el estado con un mayor rendimiento fue Querétaro con 170. 68 (udm/ha).

La producción de tomate rojo (jitomate) bajo agricultura protegida y a cielo abierto durante el año de 2021 en la modalidad de temporal y riego fue de 3,324,263.09 Ton. El estado de Sinaloa consiguió cosechar una superficie de 12, 110.47 Ha como primer lugar, en segundo lugar, el estado de Michoacán consiguió cosechar una superficie de 6, 600.67 Ha y en tercer lugar el estado de San Luis Potosí con 3,342.20 Ha. El valor de producción (miles de Pesos) en el mismo año de 2021 fue de \$31,503,817.27 pesos (SIAP, 2021).

Importancia de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*

La enfermedad del cancro bacteriano del tomate fue descubierta por primera vez en 1910 en Michigan, EE. UU, enfermedad la cual adopto el nombre científico de *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith , 1910). En un inicio se creía que esta enfermedad era un parasito del floema encontrado en el sistema vascular de las plantas, pero con el tiempo se descubrió como bacteria invasora de xilema (Cass Smith & Goss, 1946).

Para la Unión Europea, así como otros países este patógeno se encuentra en la lista cuarentenaria debido a las dificultades que se tienen al momento de querer controlarla, es por esto que representa una amenaza económica importante. A nivel mundial en las zonas productoras de tomate es uno de los patógenos bacterianos más importantes (EPPO, 2005).

Este patógeno se transmite por semillas, y las semillas infectadas a menudo se consideran la principal fuente de inóculo para la propagación a larga distancia y la causa de los brotes de cancro bacteriano (Hadas *et al.*, 2005).

En México, las bacterias de interés cuarentenario para el cultivo del tomate son: *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringae* subsp. *tomato* y *Xanthomonas campestris* subsp. *vesicatoria*.

En México la producción de tomate ocupa 73 % de la producción de hortalizas. En el noroeste de México, específicamente en el Estado de Sonora, su producción se ha visto afectada por la aparición de enfermedades que causan pérdidas hasta de 100 %. La presencia de la bacteria en tomate representa un riesgo para los productores por lo que es necesario se realicen pruebas de diagnóstico en semillas de importación, para evitar su entrada al país (Borboa Flores *et al.*, 2009).

Cuando se presenta puede acabar con todas las plantas en parcelas o invernaderos en poco tiempo (EPPO, 2010).

Clasificación Taxonomía del Patógeno

Según Jansen (2004), la clasificación taxonómica es la siguiente:

Dominio: Bacteria

Phylum: Actinobacteria

Clase: Actinobacteriales

Subclase: Actinobacteridae

Orden: Actinomycetales

Género: *Clavibacter*

Especie: *michiganensis*

Subespecie: *michiganensis*

Etiología

El cancro bacteriano el cual es causado *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (*Cmm*) enfermedad vascular más importante en el cultivo de tomate en invernadero. Actualmente la enfermedad puede llegar a provocar pérdidas significativas debido a su rápida expansión y alta contagiosidad (FAO, 2013). En México, *Cmm* llega a causar pérdidas económicas estimadas en 40 millones de dólares anuales. El principal daño de esta bacteria es causado en vasos del xilema, presenta síntomas de marchitez, clorosis en las hojas, se puede diseminar mediante semillas, uso de plántulas, herramientas infectadas (Yuqing *et al.*, 2018).

El rango de hospedantes de *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* comprende principalmente cultivos como tomate, pimientos y solanáceas. Las cepas de *Clavibacter* muestran una gran variabilidad en la virulencia y generalmente se describen como hipervirulentas, hipovirulentas o no virulentas (Alvarez *et al.*, 1965).

Fernández (1975) menciona que la enfermedad fue determinada por Dioso en 1957 para posteriormente ser descrita por Rossi y Resnik en 1968. Es una enfermedad seria, distribuida actualmente en todas las zonas productoras de tomate del mundo (Chang *et al.*, 1991). El agente etiológico es la bacteria gram (+) *C. michiganensis* subsp *michiganensis* (Fernandez, 1975).

Distribución de *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*

El cáncer o cancro bacteriano (*Cmm*) es una enfermedad ampliamente distribuida en las zonas productoras de tomate (jitomate) de los 5 continentes. Como muestra de esto, se reportó la presencia de *Cmm* en una nueva región, Murggia municipio que pertenece a Italia es un patógeno sujeto a cuarentena y está registrado en la lista A2 (EPPO, 2011).

En Mexico la enfermedad se distribuye en diversos estados de la república como: Jalisco, Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Sonora y Guanajuato. En Sinaloa se vieron afectadas 200 Ha de tomate (jitomate) en invernadero, que causo la perdida de alrededor de 40 millones dólares (Cárdenas-Sierra *et al.*, 2011). En San Luis Potosi se han reportado

perdidas de entre 60 y 100% en los municipios de Moctezuma y Villa de Arista (Alpuche-Solís *et al.*, 2007).

Descripción del patógeno

Esta bacteria es un bacilo Gram positivo (+), no móvil, al verse en el microscopio los bacilos se colocan en forma de (V), aeróbico, productor de cápsula, que en agar nutritivo desarrolla colonias de color amarillo claro a naranja, mucoso, cuya temperatura óptima de crecimiento in vitro es de 25 a 28 °C (Schaad *et al.*, 2000).

Para la American Phytopathological Society (2015) la bacteria es una Gram positiva (+) la cual se disemina por medio de la semilla y económicamente devastadora para el tomate, se caracteriza por ser inmóvil, sin embargo, estudios han demostrado que la bacteria tiene un movimiento basipetal, además el movimiento de *Cmm* se ve beneficiado por la explotación de nutrientes curiosamente, *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* y un pequeño número de bacterias colonizadoras vasculares poseen supuestas proteínas expansivas que comparten una gran similitud estructural con las expansivas que se encuentran en las plantas. La función de la expansión bacteriana sigue siendo desconocida, pero se supone que desempeña un papel en la colonización y la adquisición de nutrientes.

Clavibacter michiganensis, una bacteria Gram-positiva, fitopatógena perteneciente a Actinobacteria, es un agente causal del cancro bacteriano en tomates (Oh *et al.*, 2021).

Formas de transmisión

Esta bacteria expresa una amplia variedad de síntomas en las plantas infectadas y desarrollo de esta dependerá de la forma de infección, como lo puede ser sistémica y localizada. Las bacterias inicialmente penetran los tejidos vasculares a través de lesiones o heridas, también llegando a penetrar por estomas, hidátides de las hojas y tricomas (Ruiz Luna, 2022).

Las bacterias pueden colonizar la cubierta de la semilla y el endospermo desde el interior de la planta o desde el exterior (Tancos *et al.*, 2013). Una vez germinadas las semillas infectadas, las bacterias se mueven desde la cubierta de la semilla hasta el cotiledón, donde comienza a desarrollarse la enfermedad (Xu *et al.*, 2010).

Movimiento de la bacteria dentro de la planta

Al inicio de una infección, las bacterias se distribuyen en una planta de tomate de una manera desigual, es por esto que, aunque haya ausencia en algunos órganos o tejidos de la planta de esta bacteria no significa una ausencia completa dentro de una planta (Wolf *et al.*, 2012). En los peciolo de las plantas susceptibles se observó bajo el microscopio la población de bacterias después de 5 semanas de inoculación mostrando aumento en algunas partes del tejido del xilema (Pine, Grogan, & Hewitt, 1955).

Cuando las bacterias entran a los haces vasculares del xilema, estas se propagan rápidamente hacia arriba y hacia los lados y posteriormente se propagan a los haces adyacentes del xilema apareciendo la marchitez unilateral. Posteriormente comienza degradando y destruyendo los vasos del xilema y las paredes celulares primarias del tejido del floema (Wallis, 1977).

Ciclo biológico de la enfermedad

Los ciclos de vida y enfermedad de *Clavibacter* se representan en la Figura 1.

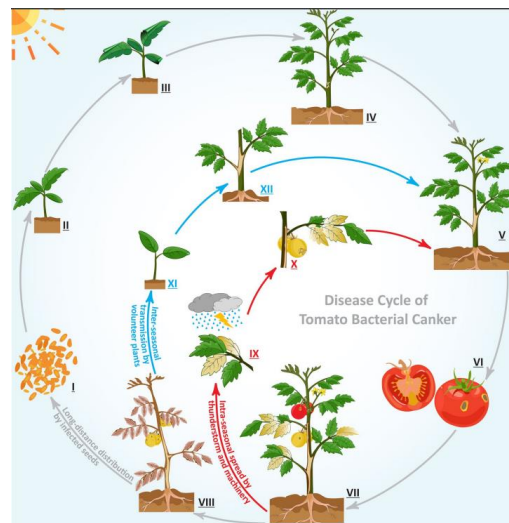


Figura 1. Ciclo patógeno del cancro bacteriano del tomate causado por *Clavibacter michiganensis* en condiciones naturales (Osdaghi, Abachi, & Jac, 2025).

Ciclo patógeno del cancro bacteriano del tomate causado por *Clavibacter michiganensis* en condiciones naturales. La diseminación a larga distancia del patógeno se produce mediante el movimiento de semillas y trasplantes de tomate con infección latente (infección primaria, I-VIII), mientras que la maquinaria contaminada, las tormentas y la manipulación de las plantas inician la propagación a corta distancia (infección secundaria, IX y X). La transmisión interestacional del patógeno se ve impulsada por plantas de tomate voluntarias y hospedadores alternativos (XI y XII) (Osdaghi, Abachi , & Jac, 2025).

Condiciones de desarrollo

Puede crecer en temperaturas entre 20 a 30° C, de manera óptima crece a una temperatura de 25° C y puede llegar a sobrevivir hasta una temperatura de 50° C. De forma in-vitro *Clavibacter* puede crecer en medios de cultivo y para que las colonias sean visibles se requieren de 3 a 7 días. El pH de crecimiento óptimo de esta bacteria esta entre 7 y 8, pero *Clavibacter* todavía crece en el xilema de la planta a pH 5 (Eichenlaub *et al.*, 2006).

Cmm se desarrolla en condiciones tibias y húmedas con temperaturas de entre 24 y 32° C. En condiciones de agricultura protegida o invernadero con días calidos y mas largos la enfermedad tiende a ser mas agresiva y severa debido al estrés que presentan las plantas. Bajo invernadero el cancro bacteriano se encuentra en areas húmedas (ej. donde el agua se condensa y gotea sobre las plantas) que en areas mas secas.

Todas las condiciones óptimas para la planta hospedera, lo son también para el desarrollo de la enfermedad: temperatura de 28°C, humedad relativa de 80 a 90% y una intensidad elevada de luz. Las plantas fertilizadas con exceso de nitrógeno son más susceptibles (León & M. Arosamena, 1982).

Sintomatología

El marchitamiento unilateral de los folíolos y las hojas en las primeras etapas del desarrollo de la enfermedad. Dicha enfermedad se desarrolla en tallos y peciolo durante las últimas

etapas del patógeno, la formación de cánceres, los cuales dan nombre a la enfermedad (Carlton *et al.*, 1998).

Para Carlton *et al.*, (1998) los síntomas foliares más comúnmente se desarrollan en zonas marginales de color amarillo a marrón y se llegan a denominar “disparos” posteriormente haciéndose regiones necróticas, ocasionalmente incluyen pequeñas manchas blancas parecidas a ampollas. Las manchas conocidas como ojo de pájaro se desarrollan en frutos de tomate infectados y consisten en pequeñas lesiones oscuras rodeadas de halos blancos.

Nos menciona Intagri (2016) que esta es una enfermedad que ataca los haces vasculares y el tejido parenquimatoso dependiendo de distintos factores como: las condiciones climáticas, nutrición del cultivo, etapa fenológica de la planta, y el grado de colonización de la bacteria.

Inicialmente los síntomas en hojas aparecen pequeñas áreas húmedas de color verde claro, posteriormente se desecan tomando un color pardo claro y se extiende. Los síntomas en hojas suelen confundirse con una mala aplicación de agroquímicos cuando la necrosis de la enfermedad se extiende y llegándose a confundir con otras enfermedades bacterianas o fúngicas como: peca bacteriana, mancha bacteriana o tizón temprano (Intagri, 2016).

Según Gleason *et al.*, 1993 las plantas que llegan a ser afectadas por *Cmm* presentan diferentes sintomatologías de acuerdo según la edad con la que cuente la planta y la susceptibilidad del cultivar. La infección puede presentarse también de manera distinta debido a ciertas condiciones ambientales, como temperatura y humedad, es por ello que en etapas tempranas del cultivo se desarrollan infecciones sistémicas llegando a afectar el rendimiento y la calidad de la fruta, pero por lo general, la muerte de las plantas. Por otro lado en plantas más avanzadas (más viejas) pueden llegar a causar clorosis en hojas, esto sin llegar a afectar el rendimiento y calidad del fruto cosechado (De León *et al.*, 2011).

Los síntomas pueden presentarse en los diferentes órganos de la planta: por un lado, como primer síntoma el marchitamiento unilateral en las hojas, posteriormente se sigue expandiendo sobre todas las hojas. En los tallos la enfermedad genera lesiones en forma de úlceras y dentro del tallo afecta la movilización de agua y nutrientes ya que comienza a dañar las células de sistemas vascular llegando la planta a marchitarse en su totalidad y muere. Si la infección de

esta bacteria se llega a dar en el último estadio de la planta en desarrollo en tomate, las plantas pueden llegar a sobrevivir para fructificar (García *et al.*, 2000).

Manejo y control de la enfermedad

El manejo adecuado del cancro bacteriano o cáncer bacteriano requiere de conocimientos como su hábitat, agente causal, ecología, sintomatología y formas de dispersión. Hoy en día no se ha encontrado un manejo que sea eficiente para el control de *Cmm*, el uso de productos químicos a base de cobre, antibióticos de cepas de *Cmm* avirulentas, bacteriófagos y variedades resistentes solo limitan las poblaciones de la bacteria (Werner *et al.*, 2022).

Las medidas de control están enfocadas principalmente a la prevención ya que como se sabe el cáncer bacteriano es una de las enfermedades más difíciles de controlar. Estas medidas pueden ser: tratamiento de semilla, desinfección profunda de instalaciones, retiro de residuos, empleo de sustratos y charolas estériles, monitoreo, control químico, entre otras (Intagri, 2016). Para el tratamiento de semilla se sugiere llevar un tratamiento hidrotérmico que consiste en sumergir la semilla en agua caliente a 52 °C durante 30 minutos. En la eliminación de residuos el material vegetal o residuo orgánico previo o malezas en los cuales mucha de las veces prevalece el patógeno (Intagri, 2016).

La información existente sobre el control químico de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, agente causante del cancro bacteriano del tomate, es escasa (De León *et al.*, 2009). Una alternativa es el control biológico, que se ha empleado para el manejo de diversas enfermedades en diferentes cultivos, además el control biológico aporta beneficios a la planta como incremento en el aporte de nutrientes, mejora el crecimiento y desarrollo, y puede inducir resistencia.

En el control químico de la enfermedad causada por *Cmm* se emplean compuestos de cobre o antibióticos los cuales no resultan muy eficientes, además, el empleo de estos supondría problemas medioambientales (Jahr *et al.*, 2000). En diversos trabajos de investigación se ha confirmado que la aplicación de compuestos a base de cobre solos o en combinación con antibióticos han sido ineficientes, ya que estos no tienen un efecto biocida, pero si tiene un

efecto inhibitorio sobre *Cmm* debido a que disminuye las poblaciones, y varios de los compuestos actúan en la superficie de la planta (Oyoque, 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

El presente experimento se realizó en el Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología, el cual se encuentra dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), colonia Buena vista, Saltillo, Coahuila.

Colecta de muestras con síntomas de la enfermedad

El material con el cual se trabajó fue recolectando plantas con 36 días de edad después del trasplante en el Agropark invernadero 9, el día 12 de junio de 2021, ubicado en Ajuchitlán Colón, Querétaro, México. Variedad Campari.

Aislamiento del Fitopatógeno

El aislamiento del patógeno se realizó a partir de técnica de dilución en agua estéril, comenzando con la maceración de pequeños fragmentos de tejido con síntomas de marchitez en una bolsa de maceración agregándole 2 ml de agua estéril, tejido el cual presentaba un exudado bacteriano y tenía una coloración cafésosa que nos señalaba una necrosis del tejido, posteriormente se tomaron 1000 µl del líquido obtenido a partir del macerado, este volumen se colocó en un tubo de ensayo con 9 ml de agua estéril y se mezcló durante 5 seg, nuevamente se tomaron 1000 µl del primer tubo de ensayo y se depositaron en el segundo tubo de ensayo, posteriormente se efectuó el mismo procedimiento para el resto de los tubos de ensayo.

La siembra se realizó en cajas Petri con medio de cultivo King B (KB), dentro de estas se colocaron 100 µl y con la varilla de dispersión se esparció la suspensión. Se realizó una siembra por cada tubo de ensayo existiendo un gradiente de concentración de mayor a menor. Posteriormente estas se llevaron a incubar a una temperatura de $26 \pm 2^\circ \text{C}$ durante 48 h y se observó el crecimiento de diversas colonias.

Al haber crecimiento, se comenzaron a analizar las características propias de la bacteria *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, posteriormente se procedió a realizar una purificación de esta, para tener una cepa axénica. El método de siembra fue por medio de estría múltiple o compuesta y de igual forma se procedió a incubarse a una temperatura de $26 \pm 2^\circ \text{C}$ durante 48 h.

Caracterización del Fitopatógeno

Caracterización morfológica

Inicialmente se analizó el tipo de crecimiento bacteriano en el medio de cultivo, así como la coloración de la bacteria y su consistencia al momento de ser tomada con el asa bacteriológica, así mismo se realizó la tinción de Gram.

Caracterización mediante pruebas bioquímicas de acuerdo al protocolo de Schaad.

En las pruebas bioquímicas se implementaron las siguientes pruebas: prueba de oxidasa, prueba de catalasa, hidrolisis de esculina, prueba de O/F. La prueba de catalasa: la catalasa es una enzima que descompone al peróxido de hidrógeno en oxígeno y agua, esta se realiza con agua oxigenada colocando 2 o 3 gotas de solución de peróxido al cultivo bacteriano, el cual se encuentra sobre un porta objetos. La prueba de oxidasa es básicamente la detección de la enzima oxidasa, muy útil en la identificación de bacterias Gram (-), con el uso de una placa BD BBL DrySlide en la cual se colocaba material bacteriano con ayuda de un asa bacteriológica estéril, una reacción positiva (presencia de oxidasa) se indica por la aparición de un color púrpura oscuro en el papel, en menos de 40 segundos.

La hidrolisis de esculina en la cual los organismos positivos, hidrolizan el glucósido esculina a esculina y dextrosa, con lo cual al hidrolizar estas sustancias su coloración se torna de color negro y al verlo con luz ultravioleta emite fluorescencia, esta prueba se realizó en un área aséptica, la campana de flujo laminar y mechero se usan con la finalidad de evitar la contaminación de la prueba, se tomó una pequeña cantidad de colonia con el asa bacteriológica estéril para cada uno de los tubos de ensayo y se procedió a colocarla en forma de zigzag por la parte superior del medio, posteriormente procedió a incubarse a una temperatura de $26 \pm 2^\circ \text{C}$ durante 48 hr.

La prueba de O/F se utiliza el medio semisólido de Hugh-Leifson al que se le añade glucosa para observar si el metabolismo de este azúcar es llevado a cabo por vía oxidativa o fermentativa. El procedimiento con el cual se lleva a cabo esta prueba en un ambiente aséptico (dentro de una campá de flujo laminar) es el siguiente: inicialmente se colocan dos tubos de ensayo con el medio Hugh- Leifson en una gradilla, posteriormente con ayuda de un asa bacteriológica estéril se toma una pequeña cantidad de la colonia bacteriana y se coloca en la parte media del tubo de ensayo (medio del cultivo) cerca del mechero para evitar la contaminación de este, el asa bacteriológica se extrae realizando giros, esto para asegurar que todo el material bacteriano se quede en el medio de Hugh-Leifson, del mismo modo en el siguiente tubo de ensayo se realiza el mismo procedimiento, a diferencia del anterior se agrega 1 ml de aceite mineral estéril con ayuda de una micropipeta y se procedió a incubarse a una temperatura de $26 \pm 2^\circ \text{C}$ durante 72 hr.

Prueba de hipersensibilidad

Se realizó mediante la inoculación de una planta de tabaco, el líquido suministrado fue una mezcla entre agua estéril y material bacteriano, dicha mezcla la cual se encontraba en un tubo de ensayo con 9 ml se llevó al vortex para tener una homogeneidad, posteriormente con ayuda de una jeringa y aguja se tomó de la suspensión bacteriana para ser inoculada en las hojas de la planta de tabaco, una vez finalizada esta acción se le colocó una bolsa plástica sobre la planta de tabaco con agua, esto para que la expresión de los síntomas fuese de una manera más rápida y efectiva, al haber transcurrido 24 hr se observaron los resultados.

Extracción de ADN bacteriano

La extracción de ADN genómico se llevó a cabo por el método de lisis cruda con bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB 2%) (Ayala-Labarrios *et al.*, 2004), a partir de un cultivo bacteriano de *Cmm* cultivado en un agitador rotatorio a 120 rpm en medio de cultivo Luria-Bertani (LB) durante 48 h. Para la reacción de PCR se utilizaron los cebadores específicos CMM-5F5'-GCGAATAAGCCCATATCAA-3' y CMM-6R5'-CGTCAGGAGGTCGCTAATA-3' (Dreier *et al.*, 1995) Además, la secuenciación de las regiones parciales del gen ARNr 16S se llevó a cabo por en laboratorio Instituto Potosino de

Investigación Científica y Tecnológica A.C. (IPICYT). Con la ayuda del Software CodonCodeAligner se limpiaron y alinearon las secuencias obtenidas, una vez realizado esto se procedió a la comparación en la base de datos del National Center for Biotechnology Information (NCBI) del GenBank (Aguilar-Hernández *et al.*, 2026).

Producción de organismos de control biológico *Bacillus amyloliquefaciens* y

***Trichoderma harzianum*.**

Se obtuvieron cepas de *Bacillus amyloliquefaciens* y *Trichoderma harzianum*, en cuestión del hongo se requirió de la obtención de 4 explantes con ayuda del sacabocados, esto debido que se introducirían en el caldo papa dextrosa para su crecimiento y desarrollo de metabolitos secundarios, por otro lado, la bacteria de la cual se tomaron dos asadas con el asa bacteriológica y estas fueron sumergidas en el caldo nutritivo para su crecimiento y desarrollo de metabolitos secundarios.

Para la obtención del caldo de papa dextrosa se requirió de la obtención de 200 g de papa, para posteriormente ser hervida en 1000 ml de agua destilada durante 15 minutos, una vez transcurrido el tiempo el agua obtenida restante se depositó en un matraz de 1000 ml, si el volumen de agua era menor a 1000 ml se aforaba con agua destilada hasta así conseguir el volumen requerido, así mismo se le añadieron 4 g de peptona y 20 g de dextrosa por litro de agua, una vez hecho esto se procedió a dividir el volumen a dos matraces en partes iguales (500 ml) y estos fueron llevados a la olla de presión para su esterilización durante 15 minutos a una presión de 15 psi.

Al haber transcurrido el tiempo y los matraces ya fríos, se procedió a colocar los 4 explantes de *Trichoderma harzianum*., en uno de los matraces, mientras que en el otro matraz se procedió a colocar las 2 asadas de material bacteriano de *B. amyloliquefaciens*., todas estas acciones se realizaron en un área aséptica dentro de una campana de flujo laminar y un mechero de alcohol, posteriormente los matraces fueron cubiertos con papel estraza y colocados dentro de la campana de flujo laminar durante 120 hr para lograr el crecimiento y desarrollo de metabolitos secundarios de ambas especies.

Al haber transcurrido las 120 hr se observa el crecimiento tanto bacteriano como fúngico y se procede a licuar todo el material que se haya desarrollado en el matraz de *Trichoderma harzianum*, al terminar se vuelve a colocar en el matraz y se afora con agua destilada estéril a 1000 ml y así mismo el matraz de *B. amyloliquefaciens* se aforó con agua destilada estéril a 1000 ml.

Inoculación del fitopatógeno en tejido vegetal (tomate)

La inoculación se realizó en la variedad de tomate Saladette SVTE8444, con ayuda de la producción acuosa de la cepa *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* a partir de 3 cajas Petri en las cuales se encontraban material bacteriano en medio de cultivo KB, este material se integró con agua destilada estéril y se aforó a 500 ml en un vaso de precipitado de 1000 ml.

La inoculación de la cepa se llevó a cabo de tres maneras distintas:

- Axilar
- Lesión (contacto)
- Por raíz

Inoculación axilar: esta acción se realizó con ayuda de palillos estériles, se colocaron 3 palillos por planta de manera axilar (al inicio del peciolo) en diferentes puntos de la planta, basal, media y alta, cada uno de los palillos contaban con material bacteriano tomado de la caja Petri en medio de cultivo KB.

Inoculación por lesión (contacto): con ayuda de micro-cristales se les ocasionó una lesión a los folíolos de 3 hojas de la planta de la parte basal, media y alta de esta, una vez realizado esto con ayuda de hisopos estériles sumergidos en material bacteriano acuoso se comenzó a aplicar en los folíolos previamente lesionados.

Inoculación radicular: se ocasiono una lesión en la parte apical radicular de la planta y posteriormente se sumergió en material bacteriano acuoso durante 3 minutos.

Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos aplicados fueron 5 distintos, se encontraban extractos vegetales como lo fue *Hamelia patens*, la producción de metabolitos secundarios con *B. amyloliquefaciens* y *Trichoderma harzianum*, así como también la aplicación de 2 tratamientos químicos como lo fue Defense Gr y Exodus, la aplicación de estos tratamientos fue de manera foliar, con ayuda de un atomizador y así mismo también se dirigió al peat moss (sustrato) con algunas aspersiones.

La aplicación inicial de los tratamientos se realizó el día 22 de junio de 2022 los cuales fueron mencionados anteriormente:

- *B. amyloliquefaciens* 1×10^8 UFC
- *Trichoderma harzianum* 1×10^7 conidios/ml
- *Hamelia patens*
- Defense Gr
- Exodus
- Testigo positivo
- Testigo absoluto

A los 5 días posteriores a la primera aplicación se realizó la segunda aplicación de los tratamientos el día 27 de junio de 2022 y finalmente el último tratamiento se realizó a los 5 días posteriores a la segunda aplicación de los tratamientos el día 2 de julio de 2022, siendo así solo 3 aplicaciones de los tratamientos.

Evaluación de incidencia y severidad de *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*)

Las valoraciones de incidencia y severidad se realizaron de manera visual de acuerdo con el avance de patogenicidad que se presentaba en cada una de las plantas, donde se tomaron estándares visuales en las plantas, tomando en cuenta las características de las escalas para evaluar la enfermedad en campo (Ivancovich *et al.*, 1998).

Siendo así Ivancovich *et al.*, (1998) nos dan los siguientes características para evaluar:

- Debe ser apropiada y acoplarse la enfermedad a evaluar.
- Al momento de medir una enfermedad con una escala se debe contemplar la fecha de evaluación, condiciones ambientales, estado fisiológico del cultivo y tejido a evaluar.
- El método debe ser reproducible, fácil y rápido de usar.

Se evaluó la incidencia de la enfermedad de manera visual, donde se realizó el conteo de las hojas afectadas (con incidencia) por planta, vinculada al porcentaje o proporción de individuos enfermos con relación a la población total. Los individuos pueden ser plantas, hojas, flores, folíolos, espigas, etc., en este caso se realizó por hojas, determinada de la siguiente manera

- Incidencia (I) = (No. de plantas enfermas) / (Total de plantas muestreadas) \times 100

Para la evaluación de la severidad se tomó en consideración el porcentaje del órgano afectado, el cual es la hoja con una variabilidad de 0 a 100, buscando que se refleje la relación de la enfermedad con respecto al daño que provoca a la planta, siendo así la siguiente escala cuantitativa de los síntomas de marchitamiento (Mohd Nadzir *et al.*, 2019).

- 0 = Sin síntomas
- 1 = 0-25 % de hojas marchitadas en la planta.
- 2 = 26-50 % de hojas marchitadas en la planta
- 3 = 51-75 % de hojas marchitadas en la planta
- 4 = 76-100 % de hojas marchitadas en la planta
- 5 = Plantas muertas.

La severidad determinada por Anfoka (2000) de acuerdo a su ecuación, también tomando el nivel de clasificación de la incidencia de la enfermedad de la siguiente forma:

$$ISE = \frac{(\sum(\text{No. de clasificación} \times \text{No. de plantas en esa clasificación}))}{\text{Total de No. de plantas} \times \text{clasificación mas alta}} \times 100$$

Parámetros agronómicos evaluados en la investigación

Distribución de los tratamientos a evaluar

Las macetas se acomodaron en el invernadero utilizando un diseño completamente al azar, la unidad experimental fue una planta por maceta. Los tratamientos evaluados fueron 5 distintos, se encontraban extractos vegetales como lo fue *Hamelia patens*, la producción de metabolitos secundarios con *B. amyloliquefaciens* y *Trichoderma harzianum*, así como también la aplicación de 2 tratamientos químicos como lo fue el Defense Gr y el Exodus Max, la aplicación de estos tratamientos fue de manera foliar, con ayuda de un atomizador y asimismo también se dirigió al peat moss (sustrato) con algunas aspersiones.

Se efectuaron 3 aplicaciones de la misma manera con un intervalo de tiempo de 5 días entre cada aplicación.

Altura y diámetro de planta

Se realizó con una cinta métrica y un pie de rey (vernier), se tomaron los datos de la altura y diámetro de tallo al mes posterior al trasplante, para el caso del diámetro se tomó como referencia el nivel superior de la bolsa y de ahí mismo fue para la altura hasta la parte apical de la planta (las hojas más jóvenes) que presentaba la planta. Se realizaron 2 tomas de datos con un intervalo de 15 días entre una y otra.

Peso fresco y seco de planta completa

Con ayuda de una navaja se realizó un corte en tallo a nivel superior de la bolsa, se retiró el tutor y se llevó al laboratorio de fitopatología donde posteriormente con una balanza analítica se pesó cada planta del tratamiento y repetición.

Lavado y toma de datos de la raíz

Inicialmente se retiró el sustrato de su bolsa, posteriormente con ayuda de una cubeta con agua se fue remojando y lavando la raíz, para así retirar todo el sustrato en cual se encontraba la raíz, una vez realizadas estas acciones se identificaron por tratamiento y número de repetición, ya una vez en laboratorio se colocaron en una balanza analítica para su pesaje en

fresco y posteriormente el pesaje de la misma en seco y con una cinta métrica se procedió a medir longitud de esta.

Rendimiento de frutos, diámetro polar y ecuatorial

La cosecha de los frutos se realizó periódicamente separando los frutos por tratamiento y repetición, estos se llevaron al laboratorio de fitopatología donde se pesaron en una balanza analítica todos los frutos por tratamiento y repetición. Posteriormente con un pie de rey (vernier) se tomaron las medidas con respecto al Diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE) de los frutos. Se seleccionaron los frutos que tuvieran en un tamaño promedio y con un grado de madurez uniforme de cada tratamiento y repetición.

Análisis estadístico

Las medias de los tratamientos se procesaron con un análisis de varianza y prueba de separación de medias por medio de Tukey al 0.05 de significancia utilizando el programa SAS versión 9.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aislamiento e identificación del Fitopatógeno

Caracterización de Fitopatógeno

Se seleccionaron colonias que presentaron características morfológicas y bioquímicas de la bacteria en estudio, con color amarillo, con crecimiento aeróbico de $26 \pm 2^\circ$ C, de consistencia mucoide en medio de cultivo KB. La tinción mostró la presencia de bacilos Gram positivos y una movilidad nula (Cuadro 1.) (Davis *et al.*, 1984).

Cuadro 1. Resultados de las pruebas realizadas para la caracterización de *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* (Schaad *et al.*, 2001).

Prueba Realizada	Resultado
Tinción de Gram	+
Prueba de KOH	-
Prueba de hipersensibilidad en tabaco	+
Prueba de óxido fermentación O/F	+/-
Prueba de Oxidasa	-
Prueba de Catalasa	+
Prueba de Hidrólisis de Esculina	+

(+) Resultado positivo, (-) Resultado negativo, (+/-) Resultado variable.

Resultados de las pruebas realizadas para la caracterización de *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*.

Tinción de Gram

La identificación inicial del aislado bacteriano se realizó mediante la técnica de tinción de Gram, considerada por Nishant *et al.* (2025) como el primer paso esencial en el análisis microbiológico. Las células observadas retuvieron el colorante primario, adquiriendo una tonalidad violácea característica de los organismos Gram positivos (+). Esta afinidad tintórea se atribuye a la densidad de peptidoglicano en su pared celular, en contraste con la coloración rojiza que presentan las bacterias Gram negativas bajo el mismo protocolo (Sizar *et al.*, 2023).

Prueba de KOH

La prueba de KOH al 3% resultó negativa para el aislado bacteriano, observándose una ausencia de viscosidad al manipular la mezcla. Este ensayo confirma la clasificación obtenida previamente, ya que las bacterias Gram positivas no liberan su material genético ante este reactivo debido a la estructura de su pared. Lo anterior coincide con lo descrito por Maeso y Walasek (2012), quienes señalan que *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, al ser una especie Gram positiva, no produce la hebra característica de los microorganismos Gram negativos.

Prueba de Oxidasa

La actividad de la enzima citocromo c oxidasa se evaluó mediante el uso de tarjetas BD BBL DrySlide, depositando el material bacteriano en forma de estría vertical. La reacción resultó negativa, evidenciada por la ausencia de un viraje a coloración violeta en el reactivo. Este resultado confirma que el aislado no posee dicha enzima en su cadena de transporte de electrones, lo cual concuerda con las características bioquímicas de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* descritas por Argüello y Moreno (2014), quienes señalan que este patógeno no requiere de la oxidasa en sus procesos respiratorios.

Prueba de Catalasa

Para verificar la capacidad oxidativa del aislado, se realizó la prueba de la catalasa. El material bacteriano se distribuyó de forma circular en un portaobjetos, seguido de la aplicación de H₂O₂; se observó un resultado positivo mediante la formación de gas. De acuerdo con la literatura (Rosanna, 2021), la producción de efervescencia es prueba fehaciente de la presencia de esta enzima en *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, siendo un marcador diagnóstico clave que diferencia a este grupo de otros géneros de bacterias fitopatógenas.

Prueba de Esculina

En la prueba de hidrólisis de esculina, la cepa Cmm mostró una reacción positiva caracterizada por el oscurecimiento del medio y la emisión de fluorescencia bajo luz UV. Este fenómeno ocurre debido a la degradación de la esculina en esculetina y dextrosa, un proceso metabólico que requiere un mínimo de 18 horas de incubación, aunque en este ensayo se optimizó a 48 horas bajo una temperatura controlada de $26 \pm 2^\circ\text{C}$. De acuerdo con Contreras *et al.* (2008), esta capacidad diagnóstica permite verificar la identidad bioquímica de la bacteria al demostrar su capacidad para descomponer glucósidos específicos.

Prueba de O/F

Para determinar la vía de utilización de carbohidratos, se realizó la prueba de Oxidación/Fermentación (O/F) en medio Hugh-Leifson. El aislado Cmm mostró un metabolismo estrictamente oxidativo, evidenciado por el viraje del indicador de azul a amarillo claro únicamente en el tubo expuesto a condiciones aeróbicas. Por el contrario, en el tubo sellado con aceite mineral (condición anaeróbica), no se observó cambio de coloración. Según Prashant (2023) y Sun *et al.* (2019), este comportamiento confirma que la bacteria cataboliza la glucosa mediante procesos aeróbicos y carece de la capacidad de fermentación en ausencia de oxígeno, una característica taxonómica distintiva para este patógeno.

Prueba de Hipersensibilidad en Tabaco (*Nicotiana tabacum*)

Se confirmó la virulencia del aislado a través de la inducción de una reacción de hipersensibilidad en hojas de *N. tabacum*. El resultado fue positivo, manifestándose una

necrosis rápida y delimitada en la zona de infiltración dentro de un periodo de 24 a 48 horas. Esta muerte celular, documentada por Lu *et al.* (2015) y empleada en los diagnósticos oficiales de SENASICA (2021), evidencia que, aunque Cmm no infecta sistémicamente al tabaco, la planta reconoce al patógeno y activa una respuesta defensiva localizada, validando así la identidad fitopatógica de la cepa estudiada.

Efecto de inductores de resistencia químicos y biológicos en la promoción de crecimiento y desarrollo en tomate

Inductores de resistencia químicos y biológicos sobre diámetro de tallo en tomate

Los resultados del diámetro del tallo muestran que el tratamiento con nanopartículas (Exodusmax) alcanzó un valor de 1.66 cm, destacándose ligeramente sobre el tratamiento con *T. harzianum*, el cual presentó 1.62 cm. Los demás tratamientos mantuvieron una superioridad de 1 a 1.5 mm respecto al testigo (+). Es relevante destacar que la innovación en el uso de agentes de control biológico permite, hoy en día, obtener resultados competitivos frente a los productos de síntesis química. Estos datos refuerzan la premisa de que los biológicos no solo actúan en el control directo de patógenos, sino que son igualmente eficientes en la promoción del crecimiento y la inducción de resistencia sistémica en el cultivo.

En el cultivo de garbanzo, Martínez-Martínez *et al.* (2020) destacan la notable capacidad antagónica de *Trichoderma* spp. frente a fitopatógenos del suelo como *Fusarium solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *F. oxysporum* y *Rhizoctonia solani*. No obstante, el valor del control biológico trasciende la supresión de enfermedades; su implementación optimiza las características microbiológicas y fisicoquímicas del suelo. Además, este hongo promueve el desarrollo vegetal mediante la solubilización de minerales, la biosíntesis de fitohormonas de crecimiento y la activación de la inducción de resistencia sistémica, lo cual fortalece la respuesta de la planta ante futuros episodios de estrés.

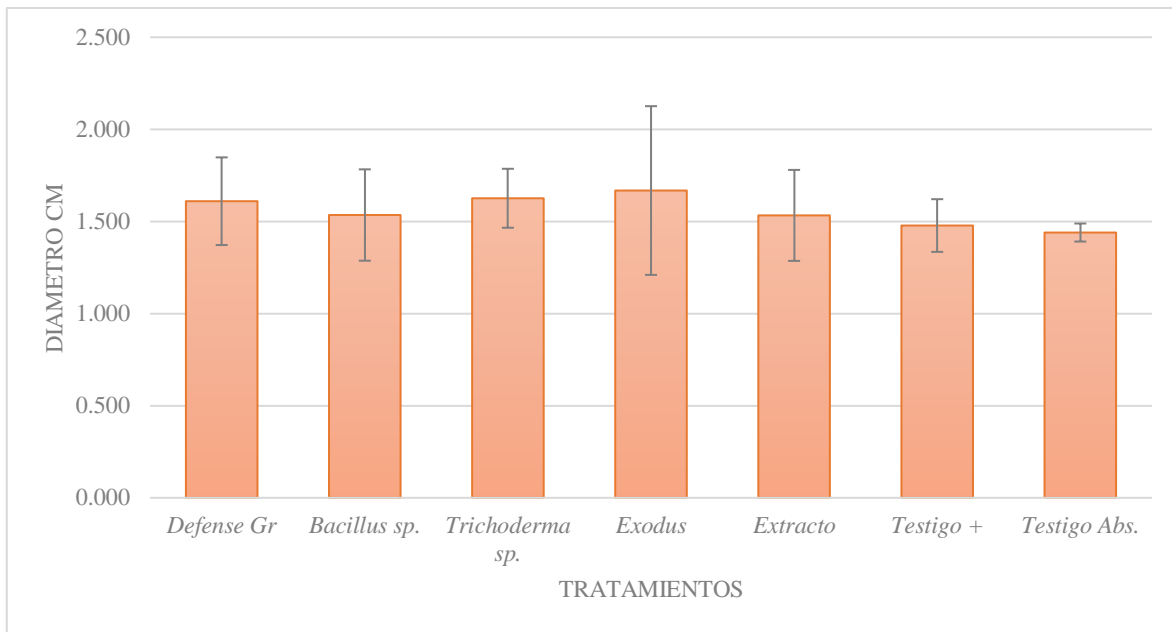


Figura 2. Resultados de Inductores de resistencia químicos y biológicos en el diámetro de tallo de tomate. *Las barras superiores son la desviación estándar de la media.

Inductores de resistencia químicos y biológicos sobre la altura de las plantas de tomate

En la evaluación de la altura de planta, se observó que el uso de *T. harzianum* (157 cm) y el extracto de *H. patens* (149 cm) superó la eficacia de los agroquímicos convencionales Exodusmax y Defense Gr, los cuales presentaron 148 cm y 145 cm, respectivamente. Es notable que los tratamientos biológicos y botánicos lograran un desarrollo superior al testigo y a los productos del mercado. De acuerdo con Bader *et al.* (2020), el éxito de *Trichoderma* se atribuye a su capacidad para mejorar la arquitectura radicular y la asimilación de minerales, actuando como un estimulador del crecimiento vegetal. Estos resultados refuerzan la viabilidad de sustituir o complementar los insumos químicos por agentes biológicos que favorecen la fotosíntesis y el vigor general del cultivo.

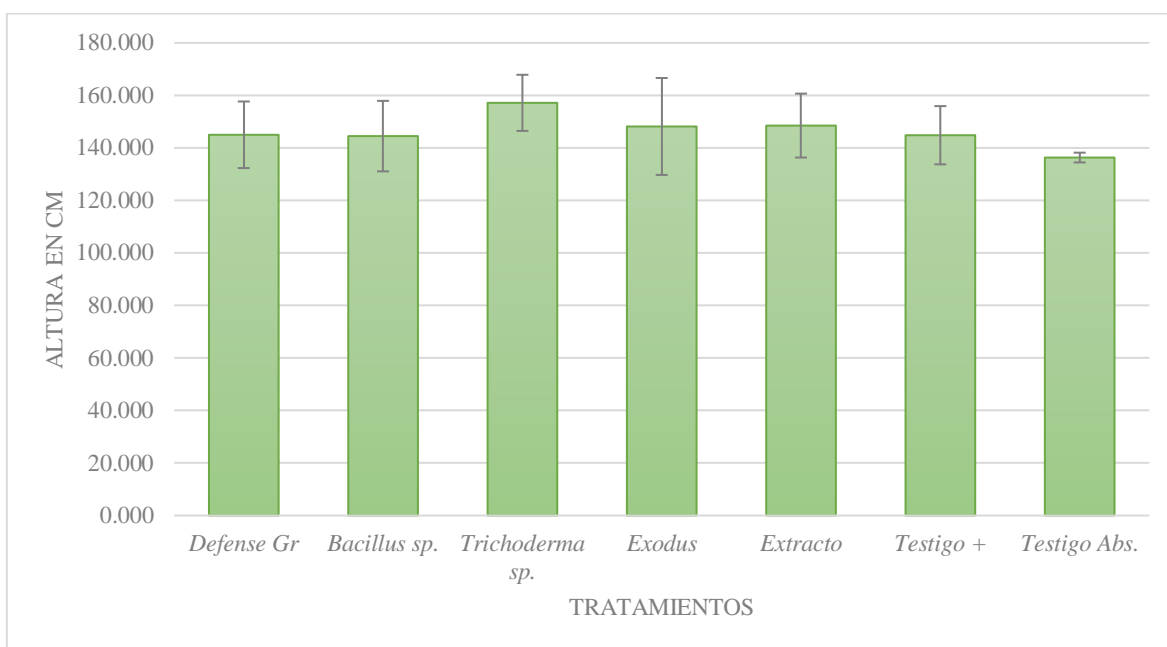


Figura 3. Resultados en altura de plantas de tomate tratados con inductores de resistencia químicos y biológicos. *Las barras superiores son la desviación estándar de la media.

Inductores de resistencia químicos y biológicos sobre el tamaño de raíz de tomate

Los resultados de longitud de raíz evidenciaron una clara superioridad de los tratamientos biológicos y botánicos sobre los químicos. El extracto de *H. patens* lideró la respuesta, seguido de *B. amyloliquefaciens* y *T. harzianum*, mientras que los productos de síntesis química mostraron una menor capacidad para promover el crecimiento radicular. Según Aguilar (2025), este estímulo se debe a la interacción positiva entre metabolitos secundarios vegetales y bacterias promotoras del crecimiento. En particular, *B. amyloliquefaciens* destaca por su capacidad de biocontrol y bioestimulación; mediante la síntesis de sustancias como los lipopéptidos cíclicos, la bacteria logra un doble efecto: el antagonismo directo contra fitopatógenos y la inducción de resistencia sistémica, factores que favorecen una raíz más extensa y funcional (Lin *et al.*, 2022).

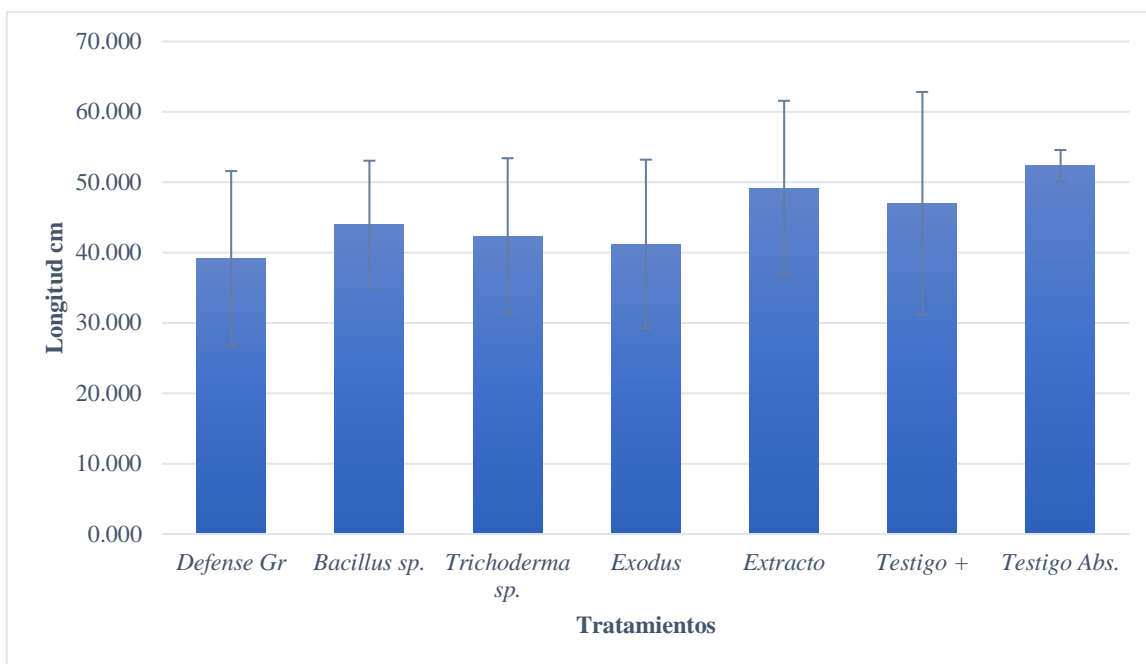


Figura 4. Resultados en tamaño de raíz de tomate tratados con inductores de resistencia químicos y biológicos. *Las barras superiores son la desviación estándar de la media.

Inductores de resistencia químicos y biológicos sobre peso fresco y seco de raíz de tomate

Los resultados referentes al peso fresco y seco reafirman la eficacia de las alternativas orgánicas sobre las convencionales. Los tratamientos biológicos (*T. harzianum* y *B. amyloliquifaciens*) y el extracto de *H. patens* lideraron la acumulación de biomasa, dejando a los tratamientos químicos en los niveles de respuesta más bajos. Como lo menciona Castro-del-Ángel *et al.* (2021), bacterias como *B. amyloliquifaciens* actúan como promotoras del crecimiento, impactando directamente en el peso seco y la productividad. Este efecto se ve complementado por el uso de extractos vegetales; de acuerdo con Rodríguez Sosa (2024), el extracto de *H. patens* estimula el desarrollo del sistema radicular en el cultivo de tomate, lo que se traduce en una mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes, y consecuentemente, en un incremento general de la biomasa fresca y seca.

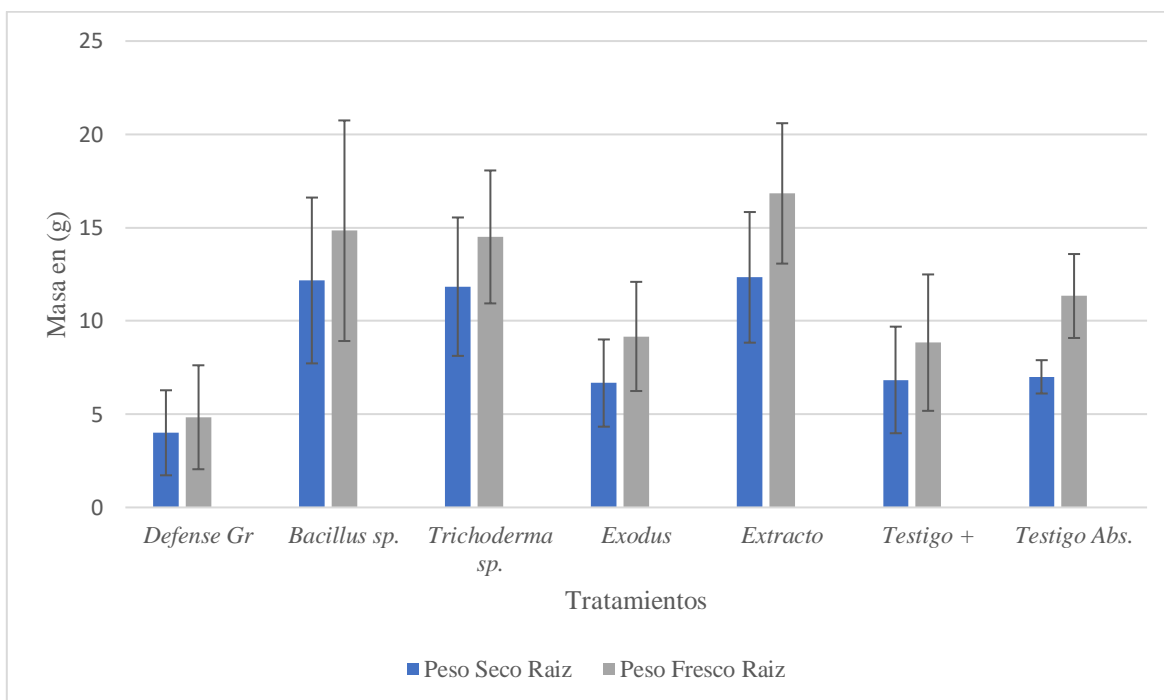


Figura 5. Resultados de peso fresco y seco de raíz de Tomate tratados con inductores de resistencia químicos y biológicos, mostrando el grafico izquierdo el peso seco y el grafico derecho el peso fresco. *Las barras superiores son la desviación estándar de la media.

Inductores de resistencia químicos y biológicos sobre peso fresco y seco de planta de tomate

Los resultados de biomasa fresca posicionan a Exodusmax como el tratamiento con mayor eficacia (95 g); no obstante, es notable que *T. harzianum* y el extracto de *H. patens* alcanzaron valores prácticamente equivalentes (91.6 g y 91.5 g, respectivamente). La brecha respecto al testigo absoluto fue significativa, con una diferencia de hasta el 25% en peso fresco a favor de los mejores tratamientos. Esta tendencia coincide con los antecedentes de Díaz (2023), quien documentó la capacidad de *H. patens* para potenciar el desarrollo de biomasa en tomate bajo estrés por *F. oxysporum*. La paridad observada entre el producto comercial de reciente generación y los extractos naturales sugiere que los metabolitos secundarios botánicos pueden igualar la respuesta fisiológica de los inductores de síntesis química.

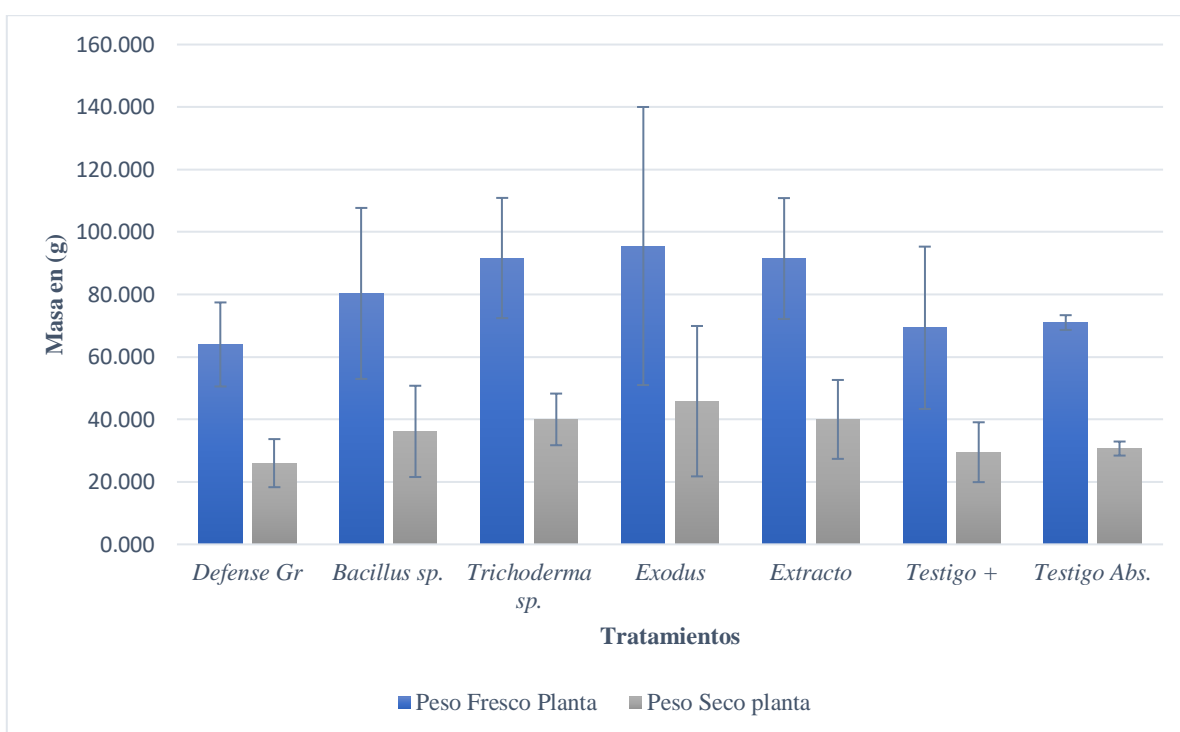


Figura 6. Resultados en peso fresco y seco de planta de tomate tratados con inductores de resistencia químicos y biológicos, mostrando el grafico izquierdo el peso fresco de planta y el grafico derecho el peso seco de planta. *Las barras superiores son la desviación estándar de la media.

Inductores de resistencia químicos y biológicos sobre el diámetro polar y ecuatorial de frutos de tomate

Los resultados determinaron que los inductores químicos y de resistencia comerciales favorecieron una mayor expansión del fruto, destacando Defense Gr (162 mm) y Exodusmax (127 mm). Por otro lado, *B. amyloliquefaciens* (122 mm) demostró ser el agente biológico con mejor respuesta en el diámetro ecuatorial, superando significativamente a *T. harzianum*, cuyos frutos promediaron apenas 63 mm. Esta disparidad en los resultados de productividad sugiere que la eficacia de los microorganismos como biofertilizantes y agentes de biocontrol depende de su interacción específica con el hospedante. Como señalan Sharma et al. (2020), el uso de estos agentes es una alternativa sostenible para mantener la productividad reduciendo el uso de pesticidas, aunque es crucial optimizar su aplicación para garantizar calibres de fruto competitivos en el mercado.

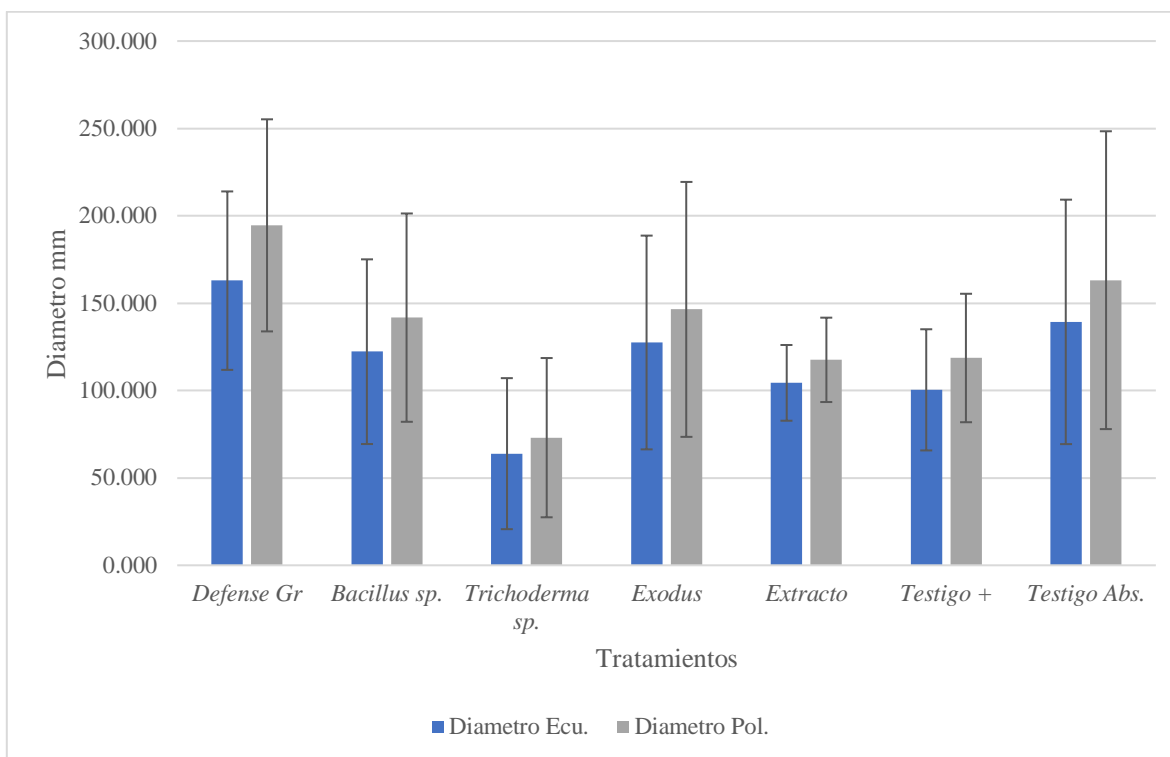


Figura 7. Resultados de diámetro polar y ecuatorial de frutos de tomate tratados con inductores de resistencia químicos y biológicos, mostrando el grafico izquierdo el diámetro ecuatorial y el grafico derecho el diámetro polar. *Las barras superiores son la desviación estándar de la media.

Inductores de resistencia químicos y biológicos sobre el rendimiento del cultivo de tomate

El rendimiento por planta mostró una tendencia proporcional al tamaño de los frutos, donde Defense Gr (221 g) y Exodusmax (168 g) lideraron la producción. Entre las alternativas biológicas, *B. amyloliquefaciens* (164 g) destacó por su consistencia, reafirmando lo expuesto por Lin et al. (2022) sobre su versatilidad para colonizar raíces y estimular el desarrollo del hospedante. Sin embargo, la interpretación de estos datos debe hacerse con cautela; la dependencia de sustratos inertes y ambientes controlados en la investigación actual puede sesgar la percepción de su eficacia en condiciones reales de cultivo (Abdallah *et al.*, 2018). Tal como sugieren Ramírez y Kloepper (2010), existe una brecha en la comprensión de cómo los factores ambientales del suelo modulan la simbiosis bacteria-planta, lo que subraya la necesidad de validar estos resultados en ecosistemas agrícolas más complejos.

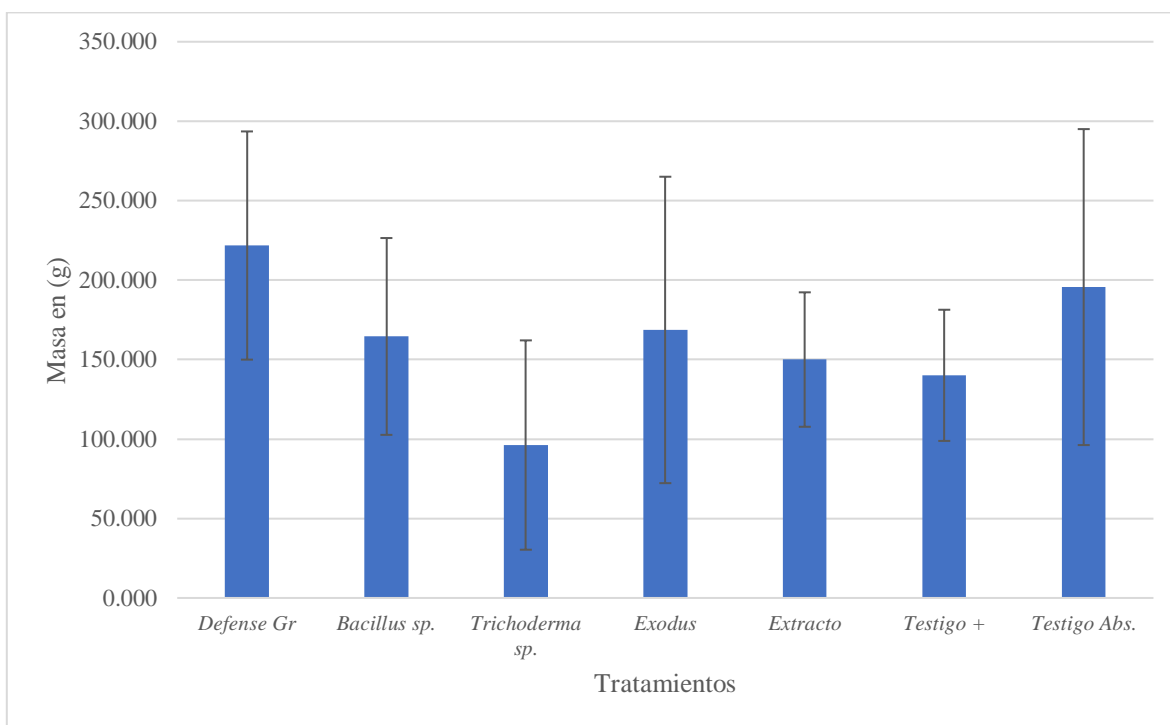


Figura 8. Resultados en el rendimiento del cultivo de tomate tratados con inductores de resistencia químicos y biológicos. *Las barras superiores son la desviación estándar de la media.

CONCLUSIONES

La presente investigación permitió confirmar, mediante pruebas bioquímicas (Gram +, KOH -, Oxidasa -, Catalasa + y Esculina +) y de hipersensibilidad en *Nicotiana tabacum*, la identidad fitopatógena del aislado como *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*.

El uso de *Trichoderma harzianum* y el extracto de *Hamelia patens* destacó significativamente en la promoción del crecimiento vegetativo, superando a los testigos en altura y biomasa total. Por otro lado, aunque los inductores comerciales (Defense Gr y Exodusmax) mantuvieron una ligera superioridad en el rendimiento y calibre de los frutos, la eficacia de *Bacillus amyloliquefaciens* demuestra que el control biológico puede integrarse con éxito en sistemas de agricultura protegida, reduciendo la dependencia de pesticidas sintéticos sin comprometer severamente la productividad del cultivo de tomate.

LITERATURA CITADA

- American Phytopathological Society. (2015). Systemic movement by *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in the tomato vasculature. *American Phytopathological Society*.
- Abdallah, D., Frikha-Gargouri, O., & Tounsi, S. (2018). Rizhospheric competence, plant growth promotion and biocontrol efficacy of *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* strain 32a. *Biol. Control*, 124, 61-67.
- Aguilar Hernández, L. E. (2025). Extractos Vegetales Y Microorganismos Antagonistas Para El Control Del Cáncer Bacteriano Del Tomate Causado Por *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis*. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. Obtenido de file:///C:/Users/sergi/Downloads/TESIS%20LUCERO%20JUNIO%202025.pdf
- Aguilar, L. (2025). Extractos Vegetales Y Microorganismos Antagonistas Para El Control Del Cáncer Bacteriano Del Tomate Causado Por *Clavibacter michiganensis subsp michiganensis*. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, México. Obtenido de file:///C:/Users/sergi/Downloads/TESIS%20LUCERO%20JUNIO%202025.pdf
- Aguilar-Hernández , L., Sánchez-Arizpe, A., Galindo-Cepeda , M., González-Villegas, R., & Castro-del Ángel, E. (2026). Extractos vegetales y microorganismos antagonistas para el control del cáncer bacteriano del tomate causado por *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. ITEA-Información Técnica Económica Agraria, 20-36.
- Allende, M., Salinas, L., Rodríguez, F., Olivares, N., Riquelme, J., Antúnez, A., . . . Felmer, S. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero. Instituto de investigaciones Agropecuarias, Chile.
- Alpuche-Solís, A., Escandón-Martínez, M., Monreal-Vargas, C., Moreno-Chávez, J., Arguello-Astorga, G., Zárate-Chávez, V., & Castillo-Collazo, R. (2007). Importancia

de la detección oportuna y control de enfermedades en ornamentales y hortalizas. Vinculación con empresarios de San Luis Potosí. En La Tecnología Mexicana al Servicio de la Industria. (págs. 140-147). Foro Consultivo Científico y Tecnológico A.C.

Alvarez , A., Kaneshiro, W., & Vine, B. (1965). Diversity of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* poblaciones en semilla de tomate: Cuál es el significado. Acta Hortícola, (ISHS) 695:205-214.

Anfoka , G. (2000). Benzo-(1, 2, 3)-thiadiazole-7-carbothioic acid S-methyl ester Benzo-(1, 2, 3)-thiadiazole-7-carbothioic acid S-methyl ester Vollendung) to Cucumber mosaic virus. Crop protection, 401-405.

Argüello, N. Z., & Moreno, R. Y. (2014). Evaluación del potencial biofertilizante de bacterias diazótrofes aisladas de suelos con cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Acta Agronomica, 238-245. Obtenido de <https://doi.org/10.15446/acag.v63n3.41033>

Ayala-Labarrios, L., Rodríguez-Herrera, R., Aguilar-González, C., Lara-Victoriano , F., & Quero-Carrillo, A. (2004). Detección de *Clavibacter michiganensis* subsp. *nebraskensis* (Schuster, Hoff, Mandel y Lazar) Vidaver y Mandil, usando la reacción en cadena de la polimerasa. . Revista Mexicana de Fitopatología , 239-245.

Bader, A., Salerno, G., Covacevich, F., & Consolo, V. (2020). Native *Trichoderma harzianum* strains from Argentina produce indole-3 acetic acid and phosphorus solubilization, promote growth and control wilt disease on tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Journal of King Saud University - Science, 32(1), 867–873. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.04.002>.

Borboa Flores, J., Rueda Puente , E., Acedo Félix, E., Ponce , J., Cruz, M., Grimaldo Juárez , O., & García Ortega , A. (2009). Detección de *Clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis* en el tomate del estado de Sonora, México. Revista fitotecnia mexicana.

Cárdenas-Sierra, N., Medina-Ramos, G., Godoy-Hernández, H., Villalobos-Reyes, S., & Delgado-Sánchez, F. (2011). Evaluación de la patogenicidad de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* causante del cáncer bacteriano en jitomate

- (*Solanum lycopersicum*) en diferentes localidades del estado de Guanajuato. Memorias del XIII Congreso internacional y XXXVIII Congreso nacional de Fitopatología., 19.
- Carlton, W. M., Braun, E. J., & Gleason, M. L. (1998). Ingress of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* into tomato leaves through *hymichiganensis* in tomato seeds by immunofluorescence microscopy and dilution plating. *Eur. J. Plant Pathol.*, 125-137.
- Cass Smith, W., & Goss, M. (1946). Bacterial canker of tomatoes . *J. Dep. Agric. Western Aust.*
- Castro-del-Ángel, E., Hernández-Castillo, F., Gallegos-Morales, G., & Ochoa-Fuentes , Y. (2021). Actividad antifúngica de bacterias endófitas para el control de *Fusarium verticillioides* en maíz. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(2), e2790.
- Chang , R., Ries, S., & Pataky, J. (1991). Dissemination of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* by practices used to produce tomato transplants. *Phytopathology*, 81:1276-1281.
- Chemonics. (2008). Programa De Diversificación Hortícola Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola. Cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum* ó *Solanum lycopersicum*). Chemonics International Inc., 2-3. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01CH517t.pdf>
- Contreras, N., Jiménez, O., Bonilla, M., & Nass, H. (2008). Identificación y caracterización de *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* como patógeno de la caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en la región centro occidental de Venezuela. *Bioagro*, 20(2), 111-118x.
- De León , L., Rodríguez, A., M. López , M., & Siveiro, F. (2009). Control químico del chancro bacteriano del tomate en invernadero. *Phytohemeroteca*.
- De León, L., Siverio, F., López, M., & Rodríguez, A. (2011). *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, un patógeno del tomate transmitido por semillas: las semillas sanas siguen siendo el objetivo. *Plant Dis.*, 1328–1338.
- Díaz, F. (2023). Extractos de *Argemone mexicana* y *Hamelia patens* para el control de *Fusarium oxysporum* Schltdl agente causal de la marchitez vascular del tomate

(*Solanum lycopersicum* L.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.

Dreier, J., Bempohl, A., & Eichenlaub, R. (1995). Southern hybridization and PCR for specific detection of phytopathogenic *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Phytopathology*, 462-468. Obtenido de <https://doi.org/10.1094/Phyto-85-462>.

Eichenlaub, R., Gartemann, K., & Burger, A. (2006). *Clavibacter michiganensis*, a group of gram-positive phytopathogenic bacteria. *Plant-Associated Bacteria*, 385-421.

EPPO. (2005). *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. European and Mediterranean Plant Protection Organization.

EPPO. (2010). Data Sheets on Quarentine Pests. *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. European and Mediterranean Plant Protection Organization, 5.

EPPO. (2011). European and Mediterranean Plant Protection Organization. Obtenido de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* : http://www.eppo.org/QUARANTINE/bacteria/Clavibacter_m_michiganensis/COR

FAO. (2013). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura . Obtenido de El Cultivo De Tomate Con Buenas Prácticas Agrícolas En La Agricultura Urbana Y Periurbana: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/fc450ac6-5c1f-47d0-be1d-de1d904600e8/content>

FAO. (2020). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de <https://www.fao.org/home/en/>

Fernandez, M. (1975). . Introducción a la fitopatología (3° edición) Volumen II: bacterias, fisiogénicas, fungicidas, nematodos. Colecciones científicas del INTA. Don Bosco: Impreso en los talleres gráficos I. S. A. G.

García, S. R., Carrillo, A. J., Allende-Molar, R., Márquez, Z. I., & Cruz-Ortega, J. (2000). Síntomas e identificación de bacterias en plantas de tomate cultivadas en alta

tecnología en Sinaloa. Resúmenes del XXVII Congreso Nacional de Fitopatología. Soc. Mex. De Fitopatología, L-32.

- Gleason , M., Gitaitis, R., & Ricker, M. (1993). Avances recientes en la comprensión y el control del cancro bacteriano del tomate en el este de Norteamérica. *Plant Dis.*, 77, 1069–1076.
- Hadas , R., Kritzman , G., Klietman , F., Gefen, T., & Manulis, S. (2005). Comparison of extraction procedures and determination of the detection threshold for *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in tomato seeds. *Plant Pathol.*
- INTA. (1999). Cultivo de Tomate. Guia tecnologica del tomate. Managua, Nicaragua: Henner Obregón N° 22.
- Intagri. (2016). Control de Cáncer Bacteriano (*Clavibacter michiganensis*) en el Cultivo de Tomate. Obtenido de Intagri: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/control-de-cancer-bacteriano-en-el-cultivo-de-tomate>
- Ivancovich, A., Botta, G., Ploper, D., Laguna, I., & Annone, J. (Octubre de 1998). IV Curso de diagnóstico y manejo de enfermedades de soja. Buenos Aires: EEA INTA. Obtenido de Centro De Investigación En Química Aplicada: https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/631/1/Tesis_RolandoMendez%202019.pdf
- Jahr, H., Dreier, J., Meletzus, D., Bahro, R., & Eichenlaub, R. (2000). The endo- β -1-4-glucanase Cel A of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* is a pathogenicity determinant required for induction of bacterial wilt for tomato. *Mol Plant Microbe*, 13(7):703-714.
- Jansen, J. (2004). Fatty acid analysis in the identification, taxonomy and ecology of (plant pathogenic) bacteria. Kowalchuk GA, de Bruijn FJ, Head IM, Akkermans AD, van Elsas JD, eds.: Spring Publishing.
- León , G., & M. Arosamena, D. (1982). El cultivo del tomate para consumo fresco en el valle de Culiacán . INIA-SARH, 183.

- Lin , L., Chunzhang , Z., Entao, W., Ali , R., & Chunying , Y. (2022). *Bacillus amyloliquefaciens* como excelente agente para biofertilizantes y biocontrol en la agricultura: Una visión general de sus mecanismos. Investigación microbiológica.
- Lopez , M. (2017). Manual técnico del cultivo del tomate *Solanum lycopersicum*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, 121. Obtenido de <http://repositorio.iica.int/handle/11324/3143>
- López , N. (1996). Bacterias de importancia cuarentenaria con su rango de hospederos y su principal área de inspección. Métodos de diagnóstico de bacteria de importancia cuarentenaria. Secretaria de Agricultura, Ganadería, y Desarrollo Rural. Comisión Nacional de Sanidad Vegetal.
- López-Pérez, L., Cárdenas, R., Lobit, P., Martínez, O., & Escalante, O. (2005). "Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en hidroponia". Fitotecnia Mexicana.
- Lu, Y. H. (2015). Putative serine protease effectors of *Clavibacter michiganensis* induce a hypersensitive response in the apoplast of *Nicotiana* species. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 28(11), 1216–1226. Obtenido de <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/MPMI-02-15-0036-R>
- Maeso, D., & Walasek, W. (2012). Evaluación de métodos para desinfectar semillas de tomate contra cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*). *Agrociencia*, 134-142.
- Martínez , P. (2007). Suelo y Preparación del Terreno. Universidad de Puerto Rico.
- Martínez-Martínez, T. O., Guerrero-Aguilar, B. Z., Pecina-Quintero, V., González-Pérez, E., & Angeles-Núñez, J. G. (2020). Antagonismo de *Trichoderma harzianum* contra la fusariosis del garbanzo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11. Obtenido de <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2325>
- Mata-Nicolás, E., Montero-Pau, J., Gimeno-Paez, E., García-Carpintero, V., Ziarsolo, P., Menda, N., . . . van der Knaap , E. (2020). Exploiting the diversity of tomato: the development of a phenotypically and genetically detailed germplasm collection.

Horticulture Research. Obtenido de
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7192925/>

- Mata-Vazquez, H., Anguiano-Aguilar, R., Vázquez-García, E., Gázano-Izquierdo, I., González-Flores, D., Ramírez-Meraz, M., . . . Cervantes-Martínez, J. (2010). Producción de tomate sistema hidropónico con solución nutritiva reciclable en sustrato de Tezontle. *CienciaUAT*.
- Mohd Nadzir, M., Vieira Lelis, F., Thapa, B., Ali, A., Visser, R., Van Heusden, A., & van der Wolf, J. (2019). Development of an in vitro protocol to screen *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* pathogenicity in different Solanum species. *Plant pathology*, 42-48.
- Nishant, T., Mahoma, Z., & Amit, S. (2025). Stain Gram. National Library of Medicine.
- Oh, E.-J., Hwang, I., Park, I., & Oh, C. (2021). Comparative Genome Analyses of *Clavibacter michiganensis* Type Strain LMG7333T Reveal Distinct Gene Contents in Plasmids From Other *Clavibacter* Species. *Frontiers*.
- Osdaghi, E., Abachi, H., & Jac, M.-A. (2025). *Clavibacter michiganensis* Reframed: The Story of How the Genomics Era Made a New Face for an Old Enemy. *Molecular Plant Pathology*, 1-27.
- Oyoque, G. (2008). Inducción de resistencia en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) con extractos de bacterias patógenas. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional.
- Pérez, G., & Castro, B. (2013). Jitomate en Invernadero. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco.
- Prashant, D. (2023). OF Test - Oxidation/Oxidative Fermentation/Fermentation Test. Obtenido de Microbe Notes: <https://microbenotes.com/oxidation-fermentation-of-test/>
- Pine, T., Grogan, R., & Hewitt, W. (1955). Pathological anatomy of bacterial canker of young tomato plants. *Phytopathology*, 267-271.

- Ramírez, C., & Kloepper, J. (2010). Plant growth promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB45 depends on inoculum rate and P-related soil properties. *Biology and Fertility of Soils*, 46, 835-844. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00374-010-0488-2>
- Rodríguez Sosa, S. I. (2024). Protección de Tomate *Solanum lycopersicum* L. Bajo Invernadero en un Suelo Infestado con *Fusarium oxysporum* Schldl. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.
- Rosanna, H. (2021). Prueba de Catalasa. Obtenido de LibreTexts Biology: [https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Microbiology/Microbiology_Laboratory_Manual_\(Hartline\)/01%3A_Labs/1.18%3A_Catalase_Test](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Microbiology/Microbiology_Laboratory_Manual_(Hartline)/01%3A_Labs/1.18%3A_Catalase_Test)
- Rückert, C., Blom, J., Chen, X., Reva, O., & Borriss, R. (2011). Genome sequence of *B. amyloliquefaciens* type strain DSM7T reveals differences to plant-associated *B. amyloliquefaciens* FZB42. *J. Biotechnol.*, 78-85.
- Ruiz Luna , F. (14 de diciembre de 2022). De riego Print & Social Media. Obtenido de Detección temprana y precisa del cáncer y mancha bacterianos: <https://www.editorialderiego.com/2022/12/enfermedades/>
- Schaad , N., Jones , B., & Chun, W. (2000). Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic bacteria. APS Press., 1-15.
- Schaad, N. W., Jones, J. B., & Chun , W. (2001). Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. APS Press, 373.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (22 de marzo de 2022). El jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-jitomate-hortaliza-mexicana-de-importancia-mundial?idiom=es>
- SENASICA. (2019). Dirección General De Sanidad Vegetal. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/728750/3._PD._Clavibacter_michiganensis_subsp._michiganensis_1.0_2019.pdf

SENASICA. (2021). Ficha Técnica Para El Diagnostico De: *Acidovorax citrulli* (Schaad *et al.*, 1978). Obtenido de Servicio Nacional de Sanidad, inocuidad y Calidad Agroalimentaria.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/723929/35._Ficha_Tcnica_Acidovorax_citrulli.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (29 de agosto de 2017). Tomate rojo o jitomate: ¿cómo lo llaman donde radicas? Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/siap/articulos/tomate-rojo-o-jitomate-como-lo-llaman-donde-radicas#:~:text=Tomate%20rojo%3A%20como%20palabra%20con,%E2%80%9Cfruto%20de%20agua%20rojo%E2%80%9D>.

Sharma , V., Kaur, J., & Sharma, S. (2020). Plant growth promoting rhizobacteria: potential for sustainable agriculture. *Biotecnol. Veg.* , 20, 157-166. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501322000568?via%3Dihub#bib105>

SIAP. (2021). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de Anuario Estadístico de la Producción Agrícola: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

SIAP. (28 de febrero de 2022). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de Avance de Siembras y Cosechas: https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

SIAP. (2024). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

Sizar , O., Leslie , S., & Unakal , C. (2023). Bacterias Gram Positivas. *StatPearls*.

Smith , E. (1910). A new tomato disease of economic importance. *Science*.

Sun, E. H., Ji, E. O., Han, B. L., & Chang, S. O. (2019). Functional Characterization of Two Cellulase Genes in the Gram-Positive Pathogenic Bacterium *Clavibacter michiganensis* for Wilting in Tomato. Obtenido de APS Net: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/MPMI-08-18-0227-R>

- Tancos, M., Chalupowicz, L., Barash, I., Manulis-Sasson, S., & Smart, C. (2013). Tomato fruit and seed colonization by *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* through external and internal routes. *Appl. Environ. Microbiol.*, 6948-6957.
- Wallis, F. (1977). Ultrastructural histopathology of tomato plants infected with *Corynebacterium michiganense*. *Physiol. Plant Pathol.*, 333-342.
- Werner, N., Fulbright, D., Podolsky, R., Bell, J., & Hausbeek, M. (2022). Limiting populations and spread of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* on seedling tomatoes in the greenhouse. *Plant Dis.*, 86:535–42.
- Wolf, v., Zouwen v. d. P. S., Ludeking, D., Hamelink, R., & Schenk, M. (2012). Onderzoeksverslag Distributie van *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* in tomatenplanten. *Plant Res.*, 448.
- Xu, X., Miller, S., Baysal-Gurel, F., Gartemann, K., Eichenlaub, R., & Rajashekara, G. (2010). Bioluminescence imaging of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* infection of tomato seeds and plants. *Appl. Environ. Microbiol.*, 3978-3988.
- Yuqing, W., Zhang, Y., Zhipeng, G., & Wencai, Y. (2018). Breeding for resistance to tomato bacterial diseases in China: challenges and prospects. *Horticultural Plant Journal*.
Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468014118302024?via%3Dihub>