

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTO DE FOSFITOS COMO INDUCTORES EN EL CULTIVO DE TOMATE  
(*Solanum lycopersicum* L.) INOCULADAS CON *Candidatus Liberibacter*  
solanacearum.

Tesis

Que presenta ALBERTO ROQUE ENRIQUEZ  
Como requisito para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

Saltillo, Coahuila

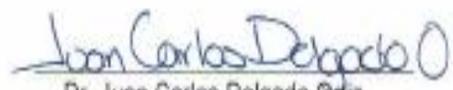
Diciembre, 2019

EFFECTO DE FOSFITOS COMO INDUCTORES EN EL CULTIVO DE TOMATE  
(*Solanum lycopersicum* L.) INOCULADAS CON *Candidatus Liberibacter*  
solanacearum.

Tesis

Elaborada por ALBERTO ROQUE ENRIQUEZ como requisito parcial para  
obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Parasitología Agrícola con la  
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Yisa María Ochoa Fuentes  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz  
Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Ernesto Cerna Chávez  
Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Mariana Beltrán Beache  
Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Marcelino Gabriela De la Fuente  
Subdirector de postgrado  
UAAAN

Saltillo, Coahuila

Diciembre, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

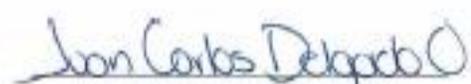


EFFECTO DE FOSFITOS COMO INDUCTORES EN EL CULTIVO DE TOMATE  
(*Solanum lycopersicum* L.) INOCULADAS CON *Candidatus Liberibacter*  
*solanacearum*.

Tesis

Que presenta ALBERTO ROQUE ENRIQUEZ  
Como requisito para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

  
Dra. Yisa María Ochoa Fuentes  
Director (UAAAN)

  
Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz  
Director Externo

Saltillo, Coahuila

Diciembre, 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

*A ti señor por darme la dicha de vivir y permitirme llegar a este momento de mi vida, por guiarme al lugar correcto, con las personas correctas, en los buenos y malos momentos para terminar mi maestría, gracias por darme una familia tan hermosa que me dan fuerza para seguir adelante los quiero y amo mucho.*

### **A MI ALMA TERRA MATER**

*La “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro” por haberme permitido estar en esta maravillosa escuela por abrirme las puertas para poder cumplir un sueño más y llegar a mis metas, estoy muy orgulloso de pertenecer a mi “Alma Mater” y por ser mi segunda casa.*

*A mi asesor externo Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz, por haberme guiado en mi formación, gracias a su apoyo incondicional, su asesoría, consejos, su confianza y sobre todo por brindarme su amistad.*

*A mi asesor interno Dra. Yisa María Ochoa Fuentes, por su apoyo brindado desde el primer día que llegue al departamento, y su ayuda incondicional, por su asesoramiento, disponibilidad y tiempo y por brindarme su amistad.*

*Al Dr. Ernesto Cerna Chaves, gracias, por su incondicional apoyo para realizar este trabajo de investigación, por abrirme las puertas de su laboratorio, su asesoramiento y por su amistad.*

*A la Dra. Mariana Beltrán Beache, por brindarme su apoyo para realizar este trabajo, su asesoramiento y disponibilidad para apoyarme en todo momento.*

## DEDICATORIA

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

*A mis padres Sr. Orlando Roque Gonzales y*

*Sra. María del Socorro Enríquez Figueroa*

*Por darme el regalo más hermoso que se puede dar a un ser humano “la vida” por todo el apoyo moral y económico, por estar conmigo en todos los momentos buenos y malos de mi vida, por brindarme todos aquellos consejos que hicieron de mí un hombre respetuoso y humilde. Muchas gracias Papá y Mamá por creer en mí, los amo y los quiero mucho.*

*A mi hermana, Fanny Yaneth Roque Enríquez, por el apoyo moral brindado.*

*A mis abuelos que siempre me apoyan y creen en mí y sus buenos consejos.*

*A mis familiares por estar siempre unidos por compartir buenos momentos en mi vida y por creer en mí en todo momento.*

*A mi novia Chío por formar parte en este camino, por su apoyo incondicional brindado en los buenos y malos momentos, por ser parte de mi vida.*

## ÍNDICE GENERAL

### Tabla de contenido

LISTA DE TABLAS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 Objetivo general.....	4
1.1.1Objetivos específicos.....	4
1.2 Hipótesis.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Cultivo del tomate.....	5
2.1.1 Generalidades del tomate.....	5
2.1.2 Problemas fitosanitarios de origen bacteriano.....	6
2.2 Vector de CaLso.....	6
2.3 “ <i>Candidatus Liberibacter solanacearum</i> ” .....	7
2.3.1 Características morfológicas de la bacteria .....	8
2.3.2 Taxonomía.....	9
2.3.3 Distribución.....	9
2.3.4 Haplotipos.....	10
2.3.5 Sintomatología desarrollado por <i>Candidatus Liberibacter solanacearum</i> .....	12
2.4 Resistencia sistémica adquirida.....	13
2.5 Resistencia sistémica Inducida.....	14
2.6 Inductores de resistencia.....	15
2.7 Fosfitos .....	16
MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
3.1 Muestras de insectos.....	21
3.1.1 Establecimiento de colonias. ....	21
3.1.2 Extracción de ADN del insecto. ....	21
3.1.3 Amplificación por PCR.....	21
3.2 Establecimiento de experimento en invernadero. ....	22
3.2.1 Confirmación de CaLso en las plantas inoculas. ....	23

3.2.2 Variables a evaluar.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	25
4.1 Extracción de ADN de los insectos para pruebas de PCR .....	25
4.2 Incidencia y Severidad.....	25
4.3 Parámetros agronómicos.....	30
4.3.1. Altura de planta .....	30
4.3.2, Diámetro del tallo .....	31
4.3.3. Peso fresco y seco de la planta .....	31
4.3.4 Peso fresco y seco de la raíz .....	32
4.3.5. Peso del fruto y diámetros ecuatorial y polar.....	33
CONCLUSIÓN.....	36
LITERATURA CITADA.....	37

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Registro de haplotipos de CaLso .....	10
Tabla 2. Distribucion de tratamientos.....	23
Tabla 3. Severidad expresada a los 77 ddi... ..	29
Tabla 4. Altura de planta.....	30
Tabla 5. Diametro del tallo.....	31
Tabla 6. Peso fresco y seco de la planta .....	32
Tabla 7. Peso fresco y seco de la raíz.....	33
Tabla 8. Peso del fruto.....	35

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Confirmación de CaLso en insecto de <i>B. cockerelli</i> mediante PCR... 25	25
Figura 2. Síntomas de CaLso en tomate..... 27	27
Figura 3. Confirmación de CaLso en plantas de tomate mediante PCR..... 28	28

## RESUMEN

EFFECTO DE FOSFITOS COMO INDUCTORES EN EL CULTIVO DE TOMATE  
(*Solanum lycopersicum L.*) INOCULADAS CON *Candidatus Liberibacter  
solanacearum*.

POR:

ALBERTO ROQUE ENRIQUEZ

MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Dra. Yisa María Ochoa Fuentes

La enfermedad del permanente del tomate causada por *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso), en los últimos años ha sido de gran importancia para las regiones productoras de tomate en México, causando pérdidas considerables (60 %) y un complicado manejo del vector y la bacteria. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto inductor de los fosfitos (Phi) sobre tomate bajo invernadero inoculado con *Candidatus Liberibacter solanacearum*. Las plantas de tomate infectadas con CaLso, fueron tratadas con Phi, Acibenzolar S-metil y ácido salicílico; se evaluó la disminución de la severidad de los síntomas y los parámetros agronómicos. Los resultados indican que los Phi redujeron la severidad del permanente del tomate en la planta, destacando los Phi en altura de planta (ALTP), peso del fruto (PF), peso fresco (PFP) y peso seco de planta (PSP) y peso fresco y seco de raíz (PFR, PSR), destacando los Phi sobre el acibenzolar S-metil (ASM), ácido salicílico (AS) e inoculado con *Bactericera-Candidatus* (IBC).

**Palabras clave:** Fosfitos, ácido salicílico, Acibenzolar S-metil, CaLso, ABCPE.

## ABSTRACT

EFFECT OF PHOSPHITES AS INDUCERS IN TOMATO CROP (*Solanum lycopersicum* L.) INOCULATED WITH *Candidatus* Liberibacter solanacearum

BY:

ALBERTO ROQUE ENRIQUEZ

MASTER IN SCIENCE IN AGRICULTURAL PARASITOLOGY

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Dra. Yisa María Ochoa Fuentes

The disease “permanente del tomate” associated by *Candidatus* Liberibacter solanacearum (CaLso), in last years has been of great importance for tomato producing regions in Mexico, causing considerable losses (60 %) and complicated management of the vector and bacteria. Therefore, the objective of this work was to determine the effect of phosphites (Phi) on the growth of tomato inoculated with *Candidatus* Liberibacter solanacearum. The tomato plants infected with CaLso were treated with phosphites, Acibenzolar and salicylic acid; the decrease in the severity of symptoms and agronomic parameters was evaluated. The results indicate that phosphites reduced the severity in the tomato plant, highlighting phosphites in plant height (ALTP), fruit weight (PF), fresh weight (PFP) and dry plant weight (PSP) and root, highlighting phosphites on acibenzolar S-methyl (ASM), salicylic acid (AS) and inoculated with Bactericera-Candidatus (IBC).

**Keywords:** Phosphites, salicylic acid, Acibenzolar S-methyl, CaLso, ABCPE.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*) es una hortaliza de gran importancia económica, la cual presenta una demanda en aumento por su consumo fresco, su alto valor nutritivo y su alto contenido de antioxidantes (Bugianesi *et al.*, 2004). Los principales países productores de tomate son China, Estados Unidos, India y Turquía. México ocupa el décimo lugar como productor a nivel mundial, siendo una de las principales hortalizas de exportación; con una producción en el 2018 de 3, 377,723 toneladas (t) con una superficie sembrada de 47 mil 200 hectáreas, siendo los principales estados productores Sinaloa, San Luis Potosí y Michoacán (SIAP 2019).

Dentro los factores bióticos que limitan la producción del tomate a nivel mundial se encuentran las más de 200 enfermedades asociadas a solanáceas causadas principalmente por hongos y bacterias que provocan pérdidas considerables a los productores (Martínez-Ruiz, 2016). En 1984, Garzón describe por primera vez la enfermedad permanente del tomate (PT); estimando pérdidas de un 60% en dicho cultivo, no fue hasta el 2009 que esta enfermedad al igual que la denominada “Zebra chip” (ZC) en el cultivo de papa en el estado de Coahuila fueron asociada *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso) (Munyanza *et al.*, 2009b), destacando que esta bacteria también se asocia a la enfermedad variegado del chile reportada en el centro de México (Munyanza *et al.*, 2009a); cuyo vector es el psílido *Bactericera cockerelli* Sulc. (BC) (Secor *et al.*, 2009; Liefting, 2009a).

La aparición de síntomas causados por CaLso dependerán tanto del haplotipo que esté presente, así como del cultivo hospedante y la fase de crecimiento del mismo (Khairulmazmi *et al.*, 2008; Mendoza-Herrera *et al.*, 2018). Los síntomas asociados a esta enfermedad son: enrollamiento y amarillamiento de las hojas, achaparramiento de la planta y deformación del fruto en algunas variedades, hojas lanceoladas con epinastia y márgenes con coloración purpura, aborto de

flores, hojas frágiles y enrolladas hacia arriba, entrenudos cortos y desarrollo reducido, necrosis de los tejidos hasta el colapso de la planta de tomate (Liefting *et al.*, 2008; Liefting *et al.*, 2009b; Rojas- Martínez *et al.*, 2016). Por su problemática y daños ocasionados en México, Nueva Zelanda, Australia y parte de Europa se denominan como plagas cuarentenarias al insecto vector y a la bacteria (Rubio-Covarrubias *et al.*, 2011; Teresani *et al.*, 2015).

En los últimos años; se ha generado un incremento de la contaminación ambiental, desarrollo de organismos fitopatógenos con resistencia y la disminución de la biodiversidad en los ecosistema; la principal causa es el uso irracional de pesticidas sintetizados; por ellos la comercialización agrícola actual exige productos inocuos para la humanidad, que provengan de un proceso de bajo impacto ambiental; motivo por el cual, el uso de sales inorgánicas, se torna cada vez más importante para el control de enfermedades, donde se busca que cumpla con la función de ser eficiente para el manejo de enfermedades en los cultivos y que muestren consecuencias mínimas adversas (Yáñez *et al.*, 2017). El uso de los Phi se puede incluir como parte de los programa de manejo integrado de enfermedades, para disminuir el uso excesivo de fungicidas y bactericidas, para un menor costo de la producción (Lobato *et al.*, 2011). Los Phi son derivados del ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ -), que regularmente están combinados con cationes no metales como: potasio, calcio, sodio o amonio; que se han utilizado como una alternativa para el control de organismo fitopatógenos, afectando su metabolismo; los Phi presentan buena capacidad de penetrar através de hojas, tallos y raíz y son transportados fácilmente por vía xilema y floema (Deliopoulos *et al.*, 2010; Tkaczyk *et al.*, 2016; Yáñez, 2017). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de los fosfitos (Phi), sobre el crecimiento del tomate inoculado con CaLso.

## **1.1 Objetivo general**

Determinar los efectos de fosfitos en plantas de tomate inoculadas con *Candidatus Liberibacter solanacearum*.

### **1.1.1Objetivos específicos**

- 1.- Determinar la incidencia y severidad de CaLso sobre el cultivo de tomate tratado con fosfitos.
- 2.- Evaluar la eficiencia de fosfitos en el cultivo del tomate inoculada con CaLso.

## **1.2 Hipótesis**

Por lo menos uno de los fosfitos mejorará significativamente el desarrollo de las plantas de tomate con presencia de *Candidatus Liberibacter solanacearum*

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Cultivo del tomate

#### 2.1.1 Generalidades del tomate

La palabra tomate proviene del vocablo náhuatl *xictl* (ombligo) y *tomal* (tomate) que significa tomate de ombligo (Long, 1995). El origen del tomate proviene de la región sur-central de Perú y puede cultivarse en ambientes secos y húmedos por su dócil habilidad de adaptación. La historia relata que su domesticación fue en México por el año 1523, por las evidencias históricas, culturales, lingüísticas y etnobotánicas; la conquista española ayudo a su distribución a Europa (Moreno, 2010).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es un producto agrícola muy popular y se encuentra entre las hortalizas con mayor demanda a nivel mundial por su alta importancia económica y el continuo aumento en su demanda (Gómez y Rodríguez, 2004; FAOSTAT, 2011).

La producción mundial de tomate ha ido en incremento en los últimos años, los principales países productores son China 34,532,407.83 t, Estados Unidos 12,919,979.88 t India 11,086,137.92 t, Turquía 9,870,157.88 t y en el noveno lugar se encuentra México; donde se cultiva en grandes extensiones ya que es una de las principales hortalizas de exportación, la producción en el 2018 fue de 3,780,950.01 t con una superficie sembrada de 49 mil 415.72 hectáreas; siendo los estados con mayor aportación, Sinaloa con 1, 088,251 t, San Luis Potosí con 393,581 t, Michoacán 281,847 t y Jalisco (SIAP 2019). Por su consumo fresco y su alto valor nutritivo forma parte importante en la cultura gastronómica del mundo (Hernández-Leal, 2013). Es parte fundamental de la dieta humana, por su alto contenido de antioxidantes la ingesta de este producto impacta en la salud, por la capacidad de reducir enfermedades cardiovasculares y muchos tipos de cáncer (Bugianesi *et al.*, 2004; Borguini y Ferraz, 2009).

### 2.1.2 Problemas fitosanitarios de origen bacteriano

Dentro los factores bióticos que limitan la producción del tomate a nivel mundial se encuentran las más de 200 enfermedades asociadas a solanáceas causadas principalmente por los hongos y bacterias que provocan pérdidas considerables a los productores (Martínez-Ruiz, 2016). Los géneros de bacterias fitopatógenas que atacan a las plantas de tomate son *Pseudomonas*, *Erwinia*, *Agrobacterium*, *Ralstonia solanacearum*, *Clavibacter* y *Xanthomonas*, (Blancard *et al.*, 1988). Para su control se utilizan cultivares resistentes, medidas de exclusión, erradicación y protección con un programa de control integrado (Jones, 2001).

### 2.2 Vector de CaLso

El psílido del tomate *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemíptera) es una de las plagas principales en el cultivo de solanáceas; en los últimos años, en varias regiones de México la enfermedad “permanente del tomate” es considerada una grave amenaza, la cual se ha asociado a *Bactericera cockerelli*. La plaga ocasiona daño por alimentación directa, un síntoma característico que se denomina amarillamiento de la papa y es causado por una toxina salival (Carter, 1993). como daños secundarios es la transmisión de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Secor y Rivera, 2009; Liefting *et al.*, 2009; Rubio-Covarrubias *et al.*, 2011; Bújanos y Ramos, 2015).

La alimentación del insecto es por medio del aparato bucal picador-chupador, que está compuesto por un estilete con dos ductos, las ninfas y adultos introducen el estilete hasta el floema para alimentarse; por un conducto succiona la sabia y otro conducto inyecta saliva a las plantas, adquiere una bacteria que pasa por la barrera intestinal, multiplicándose dentro del insecto a

su vez llega a las glándulas salivales y es transmitida a las plantas sanas durante su alimentación, produciendo daños directos e indirectos, este último por transmisión de procariontes y fitoplasma (Garzon *et al.*, 2005; Liefiting *et al.*, 2009 b; Beltran, 2014).

CaLso es transmitida en *Bactericera cockerelli* de forma vertical o transovárica; presenta un periodo de incubación de hasta 24 horas con un tiempo de transmisión hacia la planta hospedera de 15 minutos y no requiere hospederos silvestres para su multiplicación, cabe señalar que la edad del insecto no influye en su capacidad para transmitir la bacteria, en el caso de *Bactericera cockerelli* las ninfas requieren menor tiempo que los adultos para adquirir CaLso (Garzón, 2009; Melgoza *et al.*, 2018), los estadios ninfales del insecto transmiten candidatus con una eficiencia del 100%, a excepción de los adultos que tienen una capacidad de transmisión del 78% (Casteel, 2012). Y por transmisión horizontal en camote (*Ipomoea batatas*) y enredadera silvestre (*Convolvulus arvensis*) (Torres *et al.*, 2015).

### **2.3 “Candidatus Liberibacter solanacearum”**

El generó “Candidatus Liberibacter” propuesto por primera vez por Jagoueix *et al.* (1994) como, “Candidatus Liberibacter asiaticum” y “Candidatus Liberibacter africanum”; para cumplir con el código Internacional de Nomenclaturas de bacterias, estas dos especies pasaron a llamarse, “Candidatus Liberibacter asiaticus” y “Candidatus Liberibacter africanus” (Garnier *et al.*, 2000). Una tercera especie candidata “Candidatus Liberibacter americanus” fue descubierta en Brasil en el 2004 (Teixeira *et al.*, 2005). Estas tres especies de Liberibacter se conocen generalmente como huanglongbing (enverdecimiento de cítricos). Se han encontrado naturalmente en cítricos y otros miembros de la familia Rutáceas.

En nueva Zelanda se reportó por primera vez en 2008 la presencia de una bacteria en cultivares de tomate y pimiento bajo invernadero teniendo como resultado en planta disminución y pérdida de rendimiento. Los síntomas característicos que presentan las plantas afectadas son un crecimiento apical clorótico puntiagudo, rizado o catación de las hojas y retraso en el crecimiento general del tomate, para identificar la bacteria involucrada se usó la reacción en cadena de la polimerasa procariota específica (PCR) en combinación con cebadores universales 16S rSNA. El análisis mostro que la bacteria es diferente a las especies de *Liberibacter* en cítricos descritas anteriormente y ha sido nombrado *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Liefting *et al.*, 2009).

En 1984 se reportó por primera vez en México esta sintomatología como permanente del tomate en la región del bajío (Garzón-Tiznado, 1984), causando grandes daños en las regiones de siembra, en el ciclo primavera verano, definiendo posteriormente a CaLso como un agente causa en infección simple o mezclada con fitoplasma (Garzón-tiznado, 2009; Munyaneza, 2009b; Nelson *et al.*, 2013).

La calidad del tomate y su valor comercial en el mercado se reduce si se ve afectado por CaLso, causando pérdidas millonarias (SINVEF, 2012), así como el abandono de los campos de siembra por la merma en la producción y calidad del cultivo de tomate donde la producción se ve reducida hasta un 60% (Garzón, 1984) si se presenta sola y el 100% de pérdida en conjunto con otras enfermedades como fitoplasma o infecciones por virus (Hernández - Deheza, 2012), lo cual conlleva al aumento de los gastos en el manejo del cultivo y el control del vector (Gudmestad y Secor, 2007).

### **2.3.1 Características morfológicas de la bacteria**

El género CaLso tiene una morfología en forma de bacilos de acuerdo a las observaciones realizadas por microscopia electrónica, de 2-3µm de largo, 0.2-0.3µm de ancho sus extremos son redondeados y una superficie exterior suave

lo que indica que no cuenta con una membrana externa, cuenta con una pared de polisacáridos apenas visible y su citoplasma es menos denso con respecto a otras bacterias fitopatógenas y con frecuencia presentan plasmólisis; son parasitas obligadas que se establece en el floema de las plantas, y son bacterias gram-negativas incultivables (Jagoueix, Bové & Garnier, 1994; Tanaka *et al.*, 2007). Mediante disecciones y extracciones de la bacteria del intestino medio del psílido, reportaron la presencia de pili y flagelos de igual forma en el genoma de CaLso se observaron regiones codificantes para proteínas de ensamble de pili y flagelos (Cícero, Fisher y Brown, 2016; Lin *et al.*, 2011).

### **2.3.2 Taxonomía**

Dominio: Bacterias

Filo: Proteobacterias

Clase: Alphaproteobacterias

Orden: Rhizobiales

Familia: phyllobacteriaceae

Género: Candidatus Liberibacter

Especie: *Candidatus Liberibacter solanacearum*

(EPPO, 2018)

### **2.3.3 Distribución**

El reporte de CaLso abarca desde los estados del oeste y centro de los Estados Unidos (Texas, Nebraska, Colorado, Kansas, Wyoming, Nuevo México, Arizona, Nevada, California, Idaho, Oregón y Washington) ( Hansen *et al.*, 2008; Abad *et al.*, 2009 ; Crosslin y Bester, 2009 ; Crosslin y Munyaneza, 2009 ; Lin *et al.*, 2009 ; Secor *et al.*, 2009 ; Brown *et al.*, 2010 ; Crosslin *et al.*, 2010 ; Munyaneza, 2010; 2012 ; Crosslin *et al.*, 2012; Murphy, 2014; french-monar, 2010), México (Munyaneza *et al.*, 2009), América central (Guatemala, Honduras,

Nicaragua y El Salvador) (Rehman *et al.*, 2010; Munyaneza, 2012 ; Aguilar *et al.*, 2013; Bextine *et al.*, 2012 ; 2013a; Munyaneza *et al.*, 2013; 2014) y Nueva Zelanda ( Liefting *et al.*, 2008, 2009; CABI/EPPO, 2011 Vereijssen *et al.*, 2015: EPPO, 2018).

Esta especie de CaLso también se ha documentado en zanahoria (*Daucus carota* L.) en el norte de Europa (Australia, Bélgica, Estonia, Portugal, Eslovenia, Reino Unido, Escocia, Finlandia, Noruega y Suecia) (Munyaneza *et al.*, 2010c, d, 2011c, 2012a, b; 2014b Sjolund *et al.*, 2017; Monger y Jeffries, 2016; EPPO, 2018) y la región mediterránea (España, Canarias y Marruecos) (Alfaro-Fernández *et al.*, 2012, b; Tahzima *et al.*, 2014). Además, recientemente se ha informado acerca de CLso en cultivos de apio (*Apium graveolens*) en España (EPPO, 2012a, Teresani *et al.*, 2014). En agosto de 2012, CLso fue identificada en dos campos de zanahorias comerciales infestados con el psílido *Trioza apicalis* en Francia (EPPO, 2012b, Loiseau *et al.*, 2014).

### 2.3.4 Haplotipos

En la actualidad se cuenta con registros de siete haplotipos de CaLso, a continuación, se muestran los registros de dichos haplotipos (tabla 1).

**Tabla 1. Reportes de haplotipos de CaLso a Nivel mundial<sup>1</sup>.**

Haplotipo	Hospedero	Vector	País de registro
<b>Lso A</b>	Papa, tomate y chile	<i>Bactericera cockerelli</i>	Honduras, Guatemala, México (Sinaloa, Michoacán y Centro del país) hasta Arizona, California y el noreste del Pacífico y Nueva Zelanda
<b>Lso B</b>	Papa, tomate y	<i>Bactericera cockerelli</i>	México (Chihuahua, Coahuila, Michoacán y Centro del país ) y

---

	chile		norte através del centro de los estados unidos hasta Texas
<b>Lso C</b>	Zanahoria	<i>Trioza apicalis</i> y <i>Bactericera trigonica</i> .	Finlandia, Suecia, Noruega y Alemania
<b>Lso D</b>	Zanahoria	<i>Bactericera trigonica</i> .	España, las islas Canarias, Grecia y Marruecos
<b>Lso E</b>	Zanahoria y apio	<i>Bactericera trigonica</i> y <i>Trioza apicalis</i>	España, las islas Canarias, Grecia y Marruecos
<b>Lso U</b>	<i>Urtica dioica</i>	<i>Trioza urticae</i>	Norte de Europa
<b>Lso F</b>	Papa		Estados Unidos, (Oregón, Klamath)

---

<sup>1</sup> Munyaneza, Fisher, Sengoda & Garczynski, 2010; Liefting, Pérez Clover & Anderson, 2008, 2009a, 2009b; Camacho-Tapia *et al.*, 2016; Nelson, Tonja, Fisher & Munyaneza, 2011; Nelson *et al.*, 2011, 2012; Alfaro- Fernández *et al.*, 2012; Teresani *et al.*, 2014; Rojas- Martínez *et al.*, 2016; Holeva *et al.*, 2017; Haapalainen *et al.*, 2018; Swisher y Garczynski, 2019.

Estos haplotipos se han derivado a partir de las variaciones genéticas en su genoma; así como la severidad es influida por dichas variaciones de cada haplotipo, este cambio impacta directamente en la incidencia y la severidad, por lo que se ve afectada la aparición de los síntomas y formaciones de agregaciones de la enfermedad de la planta (Camacho-Tapia, 2016; Mendoza-Herrera *et al.*, 2018).

### **2.3.5 Sintomatología desarrollado por *Candidatus Liberibacter solanacearum***

Los síntomas causados por CaLso en los cultivos que infecta varían según el cultivo y la etapa de crecimiento del hospedante (Khairulmazmi, Kamaruzaman, Habibuddin, Jugah & Syed, 2008). La infección por esta bacteria presenta síntomas como enrollamiento y amarillamiento de las hojas, achaparramiento de la planta y deformación del fruto en algunas variedades (Liefting *et al.*, 2008; Liefting *et al.*, 2009a; Liefting *et al.*, 2009b), esta sintomatología fue caracterizada por Munyaneza (2009) como permanente del tomate. Rojas-Martínez *et al* (2016), reportaron para México síntomas apicales como hojas compuestas lanceoladas con epinastia y márgenes con coloración púrpura, necrosis y aborto de flores, hojas maduras y frágiles y enrolladas hacia arriba, entrenudos cortos y desarrollo reducido que han sido asociados a la infección por CaLso. La alteración en el transporte del floema es ocasionada por la acumulación de almidón, lo que provoca los síntomas como amarillamiento y decaimiento de la planta que ocasionalmente se confunden fácilmente con deficiencias nutrimentales (Nelson, Munyaneza, McCue, & Bové, 2013).

Las plantas infectadas por CaLso presentan sintomatología entre la tercera y quinta semana después de la infección, en el floema se han observado agregaciones de componentes fenólicos, peroxidasas, oxidasas, polifenoles, quitinasas, aminoácidos y azúcares libres (sacarosa, glucosa y fructosa) en plantas de papa (Rashed *et al.*, 2013).

Mendoza-Herrera *et al.* (2018) reportan que dependiendo de los Haplotipos CaLso A o CaLso B que provoquen la infección, la planta registra la aparición de síntomas y su severidad como: la reducción del crecimiento, reducción del tamaño y decoloración de las hojas apicales, desarrollo de meristemos axilares, enchinamiento, atrofia, enrollamiento y necrosis de los tejidos hasta el colapso de la planta.

En papa, las plantas infectadas muestran retraso en el crecimiento y clorosis, sobre crecimiento de los entrenudos, proliferación de yemas axilares, brote de tubérculos aéreos, oscurecimiento del sistema vascular y muerte temprana de la planta y por otra parte estos tubérculos muestran lenticelas agrandadas en el tallo subterráneo, colapso de estolones, lesiones color marrón en el anillo vascular, necrosis en los tejidos internos y ocasionalmente rayado color marrón en el tejido medular (Munyaneza, Goolsby, Crosslin & Upton, 2007). Los tubérculos infectados por la bacteria tienen un promedio de entre 20 - 40 % de brotación y si lo hacen producen, brotes ahilados y plantas débiles (Henne *et al.*, 2010);

Los síntomas presentados por las plantas de chiles son relativamente muy parecidos a los antes mencionados por la infección de CaLso, muestra un crecimiento apical clorótico o color verde pálido, adelgazamiento del ápice y deformación de las hojas, entrenudos cortos, retraso general del crecimiento y el variegado típico (Munyaneza, Sengoda, Garzón & Cárdenas, 2009b; Camacho-Tapia *et al.*, 2011).

## **2.4 Resistencia sistémica adquirida**

El término “resistencia inducida” fue propuesto en el Primer Simposio Internacional de Resistencia Inducida a Enfermedades de Plantas (First international Symposium on Induced Resistance to Plant Diseases) realizado en Corfú, Grecia, en el año 2000, para designar a todos los tipos de respuestas que incitan a las plantas a protegerse de las enfermedades y de plagas de insectos, incluyendo tanto respuestas locales como sistémicas (Angarita, 2001; Cavalcanti *et al.*, 2005). Esta expresión involucra a los fenómenos de Resistencia Sistémica Adquirida (RSA) y Resistencia Sistémica Inducida (RSI), comúnmente utilizados, que, aunque son distintos, fenotípicamente son semejantes. La similitud de ambos se basa en que, las plantas, luego de ser expuestas a un agente inductor, activan sus mecanismos de defensa tanto en el

sitio de infección como en áreas más distantes (respuestas sistémicas), de manera más o menos generalizada (Cavalcanti *et al.*, 2005).

Los mecanismos de defensa que las plantas desarrollan se definen como defensa pasiva y activa, la defensa activa forman parte aquellas características físico-químicas preexistentes en la planta y la defensa activa se refiere al proceso de resistencia sistémica, generándose cuando la planta detecta que es atacada por el medio (Robayo y Gutiérrez, 2014).

Heli (2000), menciona que, en la activación de la resistencia sistémica adquirida, se reduce la efectividad del ataque del patógeno, dicha respuesta está regulada a través del ácido salicílico y metil-silicato y culmina con la expresión de los genes relacionados con la patogénesis, dicha respuesta se activa por el ataque de algún fitopatógeno (Sánchez *et al.*, 2010).

Las plantas tienen la capacidad de protegerse de ataques por un patógeno infeccioso (virus, hongos o bacterias) o alguna lesión, después de haber sobrevivido a una infección, esto inmuniza a la planta para nuevas infecciones. Al ser inducidas por el ataque de primer patógeno genera su primer expresión inducida de resistencia contra ataques posteriores, independientemente que sea por algún fitopatógeno o por ataques de artrópodos, herbívoros, daños mecánicos y por algunos químicos, a dicha respuesta se le llama resistencia sistemática adquirida que se refiere a una ruta de transducción de señal distinta, que brinda la capacidad a las plantas de defenderse contra los ataques de un fitopatógeno (Hammerschmidt, 1993; Camarena-Gutiérrez, 2007).

## **2.5 Resistencia sistémica Inducida**

Los mecanismos de defensa inducidos tienen más de 50 años que se conocen y se caracterizan por ser sistémicos, este mecanismo juega una doble función que consiste en activar el tejido donde se produce el daño del patógeno/plaga y activa el resto de la planta que no ha sido expuesta a un daño o infección. La

respuesta sistémica protege a las plantas de posteriores ataques de patógenos, por lo que tienen un potencial agronómico, despertando el interés de investigadores para su estudio de la resistencia inducida en plantas (Molina y Rodríguez, 2008).

La importancia de la resistencia sistémica inducida surge como una alternativa para el control del patógeno. Por lo que se considera que la planta se defiende con un gran número de pequeñas moléculas exógenas denominadas inductores que al ser reconocidas por las moléculas endógenas, cumplen con la función de activar o aumentar el nivel de resistencia de las plantas, siendo a nivel local o en puntos distantes a la zona infectada y participar en actividades fisiológicas (Cavalcanti *et al.*, 2005; Barbosa *et al.*, 2008; Schreiber y Deseaux, 2008)

## **2.6 Inductores de resistencia**

Los inductores de resistencia, se conoce como un método alternativo para la ayuda de las plantas que se guía por la estimulación de los mecanismos naturales de defensa de los tejidos (Beltrán, 2014).

Los mecanismos de defensa se caracterizan por defensa pasiva y activa, la defensa pasiva se constituye por las características físico-químicas preexistentes en las plantas después de un inductor inicial, su caracterización es por la expresión localizada de defensas como fitoalexinas y la defensa activa se refiere al proceso de resistencia sistémica, que se genera cuando la planta detecta que es atacada por un patógeno. Cuando la planta detecta que es atacada por un patógeno, la planta activa su defensa el cual está compuesto por un elicitador que es una sustancia indicadora del ataque a la planta, este proviene de la planta que actúa como mensajero y señalador en la planta, y otra función importante es como desencadenante del proceso de “resistencia” y probable amplificador de señal de ataque. Cuando se produce un ataque por un patógeno los mecanismos de defensas reaccionan, donde su principal

componente es un elicitador, que es una sustancia indicadora del ataque a la planta; el receptor del elicitador, que proviene de la planta, es el encargado de alertar a la planta sobre el ataque del patógeno, entra un señalizador, que su función principal es como desencadenante del proceso de resistencia y muy probablemente el amplificador de la señal del ataque. Los principales señalizadores que se destacan son el ácido jasmonico y el ácido salicílico (Custer, 2007; Robayo y cabezas, 2014).

## 2.7 Fosfitos

En la agricultura en los últimos años el incremento de la contaminación ambiental, salud pública, desarrollo de organismos fitopatógenos con resistencia y la disminución de la biodiversidad en los ecosistemas ha ido a la alza; la principal causa es el uso irracional de pesticidas sintetizados, por ellos la comercialización agrícola actual exige productos inocuos para la humanidad, que provengan de un proceso de bajo impacto ambiental; motivo por el cual, el uso de sales inorgánicas, se torna cada vez más importante para el control de enfermedades, donde se busca que cumpla con la función ser eficiente para el manejo de enfermedades en los cultivos y que muestren consecuencias mínimas adversas (Yañes *et al.*, 2018).

El fosfito a inicios de 1930 se determinó que su uso como fuente de fósforo en la nutrición para las plantas no era viable, la compañía francesa Rhône-Poulenc 40 años más tarde lo regresó al mercado como una alternativa para el control y manejo de enfermedades, como ingrediente activo fosetil-aluminio para el control de mildius y enfermedades causadas por el género *Phytophthora*.

Los fosfatos ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) y los fosfitos ( $\text{H}_2\text{PO}_3^-$ ) tienen una similitud estructural que se pueden diferenciar químicamente por un átomo de oxígeno que está sustituido por un hidrógeno, dicha sustitución hace muchas diferencias entre los fosfatos y los fosfitos en su forma de comportarse con los organismos vivos,

con esta finalidad se han usado más de 34 sales para conocer su acción en las *plantas para el control de patógenos*, entre estas sales destacan los fosfitos por su eficacia como fungicidas y bioestimulantes para el control de patógenos son ampliamente aceptados y su uso como fuente de fósforo para nutrición en planta es una incógnita que se debate en la actualidad (McDonald *et al.*, 2001; Lovatt y Mikkelsen, 2006; Deliopoulos *et al.*, 2010; Borza *et al.*, 2014; Gómez-Merino y Trejo-Téllez, 2015; Alexandersson *et al.*, 2016; Manna *et al.*, 2016; Achary *et al.*, 2017).

Los fosfitos son derivados del ácido fosforoso ( $\text{H}_3\text{PO}_3^-$ ), que regularmente están combinados con cationes no metales como, potasio, calcio, sodio o amonio, que se han utilizado como una alternativa para el control de organismo fitopatógenos (hongos, bacterias y nematodos). Los iones fosfitos tienen una mayor movilidad en el suelo y en los tejidos de las plantas, por lo tanto tienen una capacidad de penetrar a través de hojas tallos y raíz, son transportados fácilmente por vía xilema y floema; su aplicación puede ser foliar, a la raíz, al cuello de las plantas, muchas veces por inyección al tronco o por mezclas con solución nutritiva, tratamientos directos a la semilla, aplicaciones aéreas con bajos volúmenes y tratamientos en inmersión; los fosfitos tienen mecanismos de acción de efecto profilácticos como la defensa, entre estos se encuentra la estimulación de defensas bioquímicas y estructural en las plantas y como acción directa controla el crecimiento, desarrollo y reproducción de los organismos (Deliopoulos *et al.*, 2010; Tkaczyk *et al.*, 2016; Yáñez, 2017). Los fosfitos tienen una característica importante es la interrupción del metabolismo de los patógenos, lo que causa una competencia de diversas rutas metabólicas catalizadas por enzimas fosforiladas como AMP, ADP Y ATP, lo que causa un bloqueo en el metabolismo de los patógenos. La respuesta hipertensiva que causan los fosfitos en la planta, lo que provoca el ataque al patógeno, da como resultado que fracciones de esta actúen como elicitores externos, que afectan el crecimiento de los micelios de los hongos y así detienen el crecimiento del patógeno por la competencia de ADP Y ATP (Lovatt & Mikkelsen, 2006; Tkaczyk *et al.*, 2016; Achary *et al.*, 2017).

En el estudio de los fosfitos se destacan dos funciones muy importantes que son la alta solubilidad y translocación sistémica en las plantas en dos sentidos uno ascendente y el otro descendente, de este modo aporta dos efectos al desarrollo de los patógenos. En primer lugar se describe como un efecto directo a los patógenos ya que inhiben la fosforilación oxidativa en el metabolismo de Oomycetes, por lo cual el mecanismo genera la disminución de energía libre que acompaña a la transferencia de electrones a lo largo de la cadena respiratoria que se acopla a la formación de los grupos fosfatos del contenido energético elevado de ATP, lo cual es un proceso fundamental para los aspectos de vida celular en los organismo aerobios (Lehninger, 1997; Silva *et al.*, 2011). Por otro lado, se ha comprobado en varios estudios la efectividad de los fosfitos inhibiendo la esporulación, germinación de esporas en *Pythium* y *Penicillium* (Amiri, 2011; Kroman *et al.*, 2012). Y a concentraciones de 15000 mg L<sup>-1</sup> de fosfito de potasio Cerioni y colaboradores (2013), demostraron la inhibición de un 50% hasta un 99% la germinación de esporas de *Penicillium digitatum*, señalado también por Silva *et al.*, (2011). En segundo lugar se encuentra el efecto indirecto al patógeno que se describe como la activación de los mecanismos de defensa en las plantas tratadas con los productos, que realmente se trata en que las plantas van desarrollando diferentes sistemas de defensa que se clasifican en dos categorías; la primera defensa de tipo constitutiva que se asocia a condiciones preexistentes en la planta mediante características estructurales como cutinas, suberinas, ceras y tricomas, que se denomina respuestas no activas, que son sustancias que se asocian a los metabolitos secundarios, y también existen las defensas constitutivas activas, sustancias que se asocian a los metabolitos secundarios del producto, entre los que se encuentran terpenos, fenoles, flavonoides, isoflavonoides, glucosinolatos, glicosidos, cianogenicos, aminoácidos no proteicos y algunas proteínas, que son sintetizados constantemente, ofreciendo defensa a las plantas de patógenos (Dotor y Cabezas, 2014). La Resistencia Sistémica Inducida (RSI) y Resistencias Sistémica Adquirida (RSA), corresponden a la segunda categoría. Para la activación de la RSI se necesita de dos procesos de

activación una local y consecutivamente una sistémica, rutas que son reguladas por las hormonas etileno y ácido jasmonico que se activan por selectivas cepas bacterianas mencionan que del suelo (Molina y Rodríguez, 2008). Camarena y de la Torre (2007), la SAR ocurre cuando la planta se inmuniza del daño contra infecciones siguientes por los patógenos homólogos, lo que señala que el primer patógeno que infecto a la planta indujo reacciones de resistencia contra posteriores ataques.

La RSA Y RSI se activa primero localmente y después sistémicamente, la RSA está acompañada de un incremento endógeno del ácido salicílico (Molina y Rodríguez). La activación y ejecución de la RSI Y RSA, la planta debe de detectar al patógeno, lo cual ocurre por medio del proceso que tiene la presencia de un elicitor, así se activa el reconocimiento específico del patógeno generado por proteínas de reconocimiento que son específicas de la célula vegetal (Dotor y Cabezas, 2014).

Las plantas activan sus sistemas de defensa con la presencia de los fosfitos, por lo tanto se genera una síntesis y transporte de metabolitos secundarios por ejemplo las fitoalexinas, estos compuestos también se producen en las plantas en respuesta al ataque del patógeno o por otros factores como estrés por heladas y los rayos ultravioleta, hasta ahora se conocen más de 250 fitoalexinas, muchas de estas con la capacidad de inhibir tres veces más el micelio de la germinación de las esporas, pero, estas también pueden ser toxicas a los tejidos de las plantas hospederas (Jankiewicz, 2003). Otro reporte señala que en muchas especies, el patógeno produce inductores que estimulan la transcripción del ARN mensajero del hospedero, donde codifican la expresión de enzimas involucradas en la biosíntesis de las fitoalexinas, se considera que las fitoalexinas interactúan en diferentes sitios lo que causa un disfunción sobre la membrana del patógeno (García y Pérez, 2003).

El mecanismo complejo de interacción planta-patógeno relaciona la producción de proteasas y poligalacturonasas por parte del patógeno, que degradan las paredes celulares de las plantas, en respuesta, las plantas sintetizan proteínas

que son capaces de inhibir la actividad de las enzimas relacionadas con la degradación de la pared celular; las proteínas inhibidoras de las poligalacturonasas, son proteínas asociadas con la pared celular y actúan como proteínas de defensa al inhibir las poligalacturonasas de los patógenos y pueden entonces activar las defensas de las plantas mediante la liberación de residuos de oligogalacturonasas (Di Mateo *et al.*, 2003). Recientemente los estudios demuestran que la aplicación de fosfitos de potasio incrementa la actividad de poligalacturonasas en tejidos afectados. Por otro lado, se cree que en la aplicación de fosfitos de potasio incrementan el contenido de pectina en la pared celular, y en tejido enfermo se ha observado un incremento de pectina, motivo por el que se asocia con el reforzamiento de la estructura peptídica (Olivieri *et al.*, 2012).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Muestreos de insectos.

Para los muestreos de los insectos, se realizaron colectas de insectos con aspiradores para el establecimiento y desarrollo de la colonia, los muestreos se desarrollaron en la región papera de Saltillo, San Antonio de las Alazanas y San Rafael, Nuevo León.

#### 3.1.1 Establecimiento de colonias.

Se establecieron bajo condiciones controladas una colonia de *B. cockerelli* infectada con la bacteria CaLso en plantas de tomate, a temperatura de 22°C con fotoperiodo 14:10h (L/O) (Levy *et al.*, 2013).

#### 3.1.2 Extracción de ADN del insecto.

Para confirmar la presencia de CaLso en los insectos se realizó la extracción de ADN del insecto por el método de Doyle y Doyle (1990), se tomaron 10 adultos y se maceraron en un mortero con nitrógeno líquido, al cual se le adiciono el buffer de lisis (Tris-HCL a 100Mm; EDTA a 50Mm; NaCl a 50Mm; SDS 2%). Al macerado con el buffer de lisis se le añade 600 µl de cloroformo alcohol isoamilico 24:1, se mezcló y se centrifugo. La fase superior del centrifugado se transfirió a otro tubo y se le adiciono una cantidad equivalente de isopropanol frio; posteriormente de reposar, se centrifugo por 10 min. Se desechó la fase acuosa y el ADN fue re suspendido. La calidad del ADN fue verificada en gel de agarosa al 2%.

#### 3.1.3 Amplificación por PCR

Para la detección de CaLso en el insecto por PCR se llevó acabo con los indicadores Lso TX 16/23 F (5'- AATTTTAGCAAGTTCTAAGGG-3') y Lso TX

16/23 R (5'-GGTACCTCCCATATCGC-3') (Ravindran *et al.*, 2011). Las condiciones de la reacción fueron Buffer 1x, MgCl<sub>2</sub> 2.5 mM, dNTPs 200µM, Lso TX 16/23 F 10 mM, Lso TX 16/23 R 10 mM, Taq 1U y 50 ng de ADN, a un volumen final de 25 µl; con el siguiente programa en el termociclador: 94°C por 2 min, con 35 ciclos de 94°C por 30s, 62°C por 30s y 72°C por 1min, y un ciclo de extensión final de 72°C por 10 min.

### **3.2 Establecimiento de experimento en invernadero.**

El desarrollo de la plántula de tomates de la variedad Río Grande se realizó en charola de 200 cavidades con peat moss; transcurridas 28 días las plántulas se trasplantaron en bolsas de polietileno con capacidad de 10 litros con una mezcla de peat moss y perlita en relación 1:1, las plantas del experimento fueron regadas con la solución Steiner (1961). La aportación de la solución Steiner fue suministrada según la etapa fenológica del cultivo: desde la emergencia de la planta al inicio de crecimiento vegetativo fue al 25%, crecimiento vegetativo al 50%, floración y crecimiento de frutos al 75%, llenado de frutos y cosecha al 100%. Para la inoculación de la planta con CaLso, se colocaron 10 adultos de *Bactericera cockerelli* portadores de la bacteria durante 24 horas para favorecer su alimentación; transcurridas las 24 horas, fueron retirados los adultos, así como los huevecillos que depositaron en las hojas. Los tratamientos evaluados fueron: fosfito de manganeso (FMn), fosfito de calcio (FCa), fosfito de zinc (FZn), fosfito de potasio (FK), fosfito de magnesio (FMg), fosfito de cobre (FCu), ácido salicílico (AS), Acibenzolar S-metil (ASM), inoculado con *Bactericera-Candidatus* (IBC). Se realizó un diseño de bloques al azar con 10 tratamientos, 12 repeticiones por cada uno y como unidad experimental una planta. Se realizaron cuatro aplicaciones a una concentración recomendada del fabricante de 2 L/Ha para cada uno de los Phi, de igual forma el ASM (30 gr/Ha) y AS a 500 mM (Sigma-Aldrich). La primera aplicación se realizó al momento del trasplante, posteriormente se aplicaron a los 15, 30 y 45 ddt.

**Tabla 2. Distribución de los tratamientos**

<b>Tratamiento</b>	<b>CaLso</b>	<b>Inductores</b>
<b>1</b>	X	FMn
<b>2</b>	X	FCa
<b>3</b>	X	FZn
<b>4</b>	X	FK
<b>5</b>	X	FMg
<b>6</b>	X	FCu
<b>7</b>	X	AS
<b>8</b>	X	ASM
<b>9</b>	X	IBC
<b>10</b>		Testigo

### **3.2.1 Confirmación de CaLso en las plantas inoculas.**

Para confirmar la presencia de CaLso en las plantas se realizaron la extracción de ADN tres semanas post-inoculación, con la metodología de Doyle y Doyle, (1990) antes mencionada. La amplificación por PCR para CLso se llevó acabó con los indicadores Lso-SSR-1F (5'-TTATTTTGAGATGGTTTGTAAATG-3') y Lso-SSR-1R (5'-TATTATCATTCTATTGCCTATTTTCG-3') para la determinación de haplotipos de CaLso presentes, siendo amplificado de 240 pb para el haplotipo A y 180 pb para el haplotipo B (Lin *et al.*, 2012). Las condiciones de la reacción fueron Buffer 1x, MgCl<sub>2</sub> 2.5Mm, dNTPs 200μM, Cli.PO.F. 20pmole, O12c 20pmole, Taq 1U Y 50ng de ADN, con un volumen final de 25μl. Con un programa de amplificación: desnaturalización inicial 94°C por 5 min, 35 ciclos de 94°C por 30 s, 58°C por 30 s y 72°C por 45 s, con una extensión final de 72°C por 10 min.

### 3.2.2 Variables a evaluar.

Se determinó la Incidencia y severidad de la bacteria en la planta de tomate. En base a los cambios fenotípicos registrados, mediante la escala propuesta por Beltrán (2014); donde 0: Planta aparentemente sana; 1: Enroscamiento de la hoja de la parte superior; 2: Enroscamiento y clorosis en el borde de las hojas de la parte superior; 3: enroscamiento y clorosis en el borde de las hojas en toda la planta; 4: La planta se torna de un verde más intenso y presenta aborto de botones florales y puntas purpuras; 5: Deformación del ápice y retraso en el crecimiento de planta; 6: Nervaduras y puntas color purpura en las hojas más jóvenes; 7: Coloraciones purpuras en más del 50% de las hojas superiores; 8: Plantas pequeñas con enroscamiento y clorosis general, con aborto floral y puntas purpuras; 9: Los folíolos del estrato superior de la planta comienza a tornarse secas y flexibles de la punta hacia el peciolo de hoja, provocando la muerte descendente de la planta; 10: Planta muerta.

Para determinar el área debajo de la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) los datos de severidad se procesaron con la fórmula propuesta por Shaner y Finney (1977).

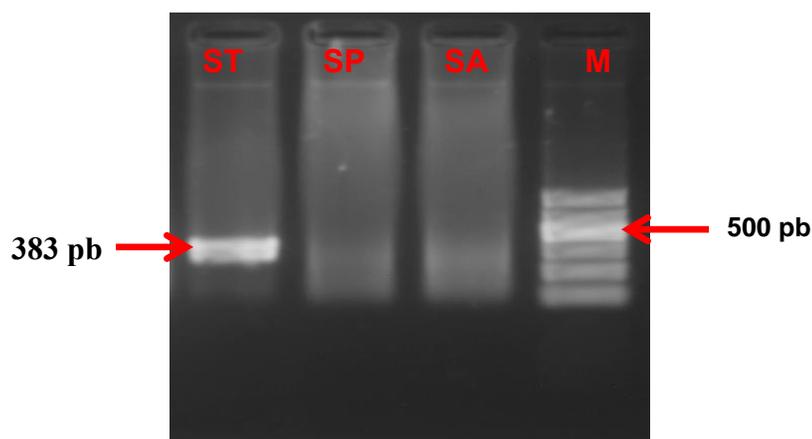
También se tomó un registro de los siguientes parámetros agronómicos: Altura de planta (ALTP), Diámetro del tallo (DT), Peso fresco de la planta (PFP), Peso seco de la planta (PSP), Peso fresco de raíz (PFR), Peso seco de raíz (PSR), Peso del fruto (PF), Diámetro polar del fruto (DP) y Diámetro ecuatorial del fruto (DE)

El ABCPE y los datos agronómicos fueron sujetos a un análisis de varianza, y las medias se compararon con la prueba LSD ( $p \leq 0.05$ ) mediante el programa estadístico del SAS versión 9.1

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Extracción de ADN de los insectos para pruebas de PCR

Se realizaron detecciones de CaLso en los insectos de *Bactericera cockerelli*, que se usaron para la inoculación de las plantas, las cuales resultaron positivas para CaLso, la colonia de Saltillo, mientras, que las colonias de San Luis y San Antonio de las Alazanas dieron negativo.



**Figura 1. Confirmación de CaLso en insectos de *B. cockerelli* mediante PCR.** ST: Saltillo, SP: San Luis Potosí, SA: San Antonio de las Alazanas y M: Marcador de peso molecular.

### 4.2 Incidencia y Severidad

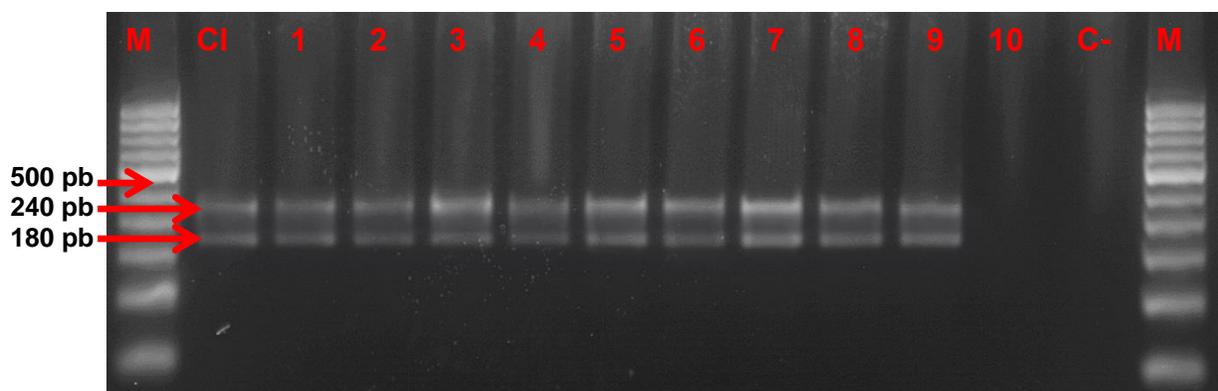
Con base a los síntomas presentados en las plantas tratadas con los diferentes fosfitos (Mn, Ca, Zn, K, Mg y Cu), AS y ASM; la severidad fue estimada semanalmente, siendo a los 28 ddi (días después de la inoculación) la aparición de síntomas como: hojas enrolladas, ligera clorosis en las hojas jóvenes, plantas con deformación del ápice y sobre brotación de yemas axilares, a los 47 ddi las plantas tratadas mostraron los siguientes síntomas, hojas con verde intenso, hojas jóvenes de color purpura, y durante 61 - 77 ddi se presentaron los síntomas como aborto de flores, amarillamiento generalizado en la planta, coloración purpura en hojas jóvenes y basales de la planta,

necrosis de las hojas, hojas crujientes y muerte de la planta (Figura 2); síntomas similares reportados por Mendoza *et al.*, (2018), menciona la aparición de los primeros síntomas a las tres semanas ddi; reportando la reducción del crecimiento en las plantas, de la tercera a la quinta semana reporto diferencia en tamaño de hojas nuevas en la parte superior, disminución del crecimiento y decoloraciones, brotación en los meristemas axilares de nuevas hojas, la semana cinco reporta los síntomas de rizado, coloración amarillenta, áreas necróticas y plantas atrofiadas, la semana seis las plantas detuvieron su crecimiento y muerte de las hojas jóvenes y viejas, la semana ocho reporta la muerte de la planta. Síntomas también reportados por Melgoza *et al.*, (2018) foliolos apicales cloróticos y epinastia, sobre brotación de yemas, foliolos cloróticos con márgenes de color morado aborto de flor y tejido vascular de color café de la raíz. Los síntomas son muy parecidos, pero como una diferencia en la aparición de los mismos que fue a la cuarta semana y la muerte de la planta fue tres semanas después a lo reportado por Mendoza, dando los fosfitos buenos resultados en el retraso de los síntomas y prolongando la vida de las plantas. Esto coincide con Forster *et al.*, (1998), quien reporta el retraso de la aparición de síntomas en plantas de *phytophthora capsici* tratadas con fosfitos en pimiento.



**Figura 2. Sintomatología de CaLso en tomate.** 1) Hojas con clorosis, 2) hojas enrolladas, 3) hojas con verde intenso, 4) hojas de coloración púrpura, 5) Hojas pequeñas, 6) abortos florales, 7) hojas amarillas y necróticas, 8) planta muerta.

De acuerdo con Lévy *et al.*, (2015); se realizó la confirmación de la bacteria mediante PCR a partir de la tercera semana de la inducción, debido a que la sensibilidad de la técnica puede ser afectada por los bajos niveles de concentración del patógeno inmediatamente después de la transmisión de CaLso en la planta; reportando la aparición de síntomas después de un tiempo de incubación sino que además (Figura 3, PCR tratamientos); las detecciones pueden ser relativas como en *Solanum* spp. que presentan niveles detectables en rangos de tres a cinco semanas (Ávila *et al.*, 2019).



**Figura 3. Confirmación de CaLso en plantas de tomate para la detección de haplotipos mediante PCR.** Productos de amplificación de PCR con los iniciadores Lso-SSR-1F/Lso-SSR-1R para haplotipos de Caso. M: Marcador de peso molecular, CI: Colonia infectiva, 1: FMn, 2: FCa, 3: FZn, 4: FK, 5: FMg, 6: FCu, 7: AS, 8: ASM, 9: IBC, 10: Testigo sin inocular, C-: Control negativo.

La aparición de los síntomas se presentó a los 28 ddi siendo el ATG y AS los primeros que presentar síntomas; en comparación con los fosfitos, donde la aparición de los síntomas fue en un rango 30 a 33 ddi. A los 47 ddi el desarrollo de los síntomas presentados por los fosfitos (FCa, FZn, FK, FMg y FCu) no mostraron diferencia; mientras que el AS se mantuvo una expresión de síntomas inferior a los expresados por algunos fosfitos y supero al IBC y ASM; esto coincide con Mogollón-Castaño, (2011), quienes reportan un retraso de dos días en la aparición de los primeros síntomas al ser tratadas con fosfitos de potasio en comparación a los demás tratamientos (ácido salicílico, 2,6 dicloroisonicotinico y 3-aminobutanoico). Mendoza-Herrera *et al.* (2018), describe la diferenciación de síntomas entre los haplotipos A y B; para el caso del haplotipo A se establece que transcurridas ocho semanas la planta sigue creciendo, pero en menor proporción que las plantas sin inocular; mientras que para el haplotipo B, se estableció que en el mismo periodo de tiempo la planta está colapsando o muerta. En este trabajo las plantas presentaron infección por los dos haplotipos y se logró extender el desarrollo de la planta en un periodo de 21 días más a los reportados. Hernández *et al.*, (2018), establece que la severidad de los síntomas, ABCPE y el daño en los tubérculos de papa, fue

mayor en presencia del haplotipo A y B; en comparación con las plantas inoculadas únicamente con el haplotipo B.

**Tabla 3. Severidad expresada en los diferentes tratamientos a los 77 ddi**

<b>Tratamiento</b>	<b>Severidad</b>	<b>ABCPE</b>
<b>FMn</b>	8.42 B C	263.5 B C
<b>FCa</b>	8.92 B C D	236.9 C D
<b>FZn</b>	8.75 B C D	258.2 B C
<b>FK</b>	8.42 B C D	248.6 B C
<b>FMg</b>	8.67 B C D	270.7 B
<b>FCu</b>	7.08 B	214.7 D
<b>AS</b>	9.08 CD	265.9 B C
<b>ASM</b>	9.17 D	306.3 A*
<b>IBC</b>	8.75 B C D	268.4 B
<b>Testigo</b>	0.00 A	0.0 E

\* Columnas con la misma letra no muestran diferencia significativa ( $p > 0.05$ )

A los 77 ddi el FCu fue el tratamiento que menor ABCPE presentó (Tabla 2), reduciendo la expresión de síntomas en la planta en un 20% en comparación con el testigo inoculado con *B. cockerelli*; cabe señalar que el ABCPE registrada por el AS y ATG fue significativamente superior a la registrada por el FCu; lo anterior concuerda con lo reportado por Abbasi y Lazarovits (2006) quienes al dar un tratamiento a semillas de pepino, obtuvieron una reducción en la infección de las plantas mayor al 60% infectadas por *Pythium* spp. así mismo Nascimento *et al.* (2016), quienes mencionan una reducción del 73.4 % en los síntomas de *Bipolaris oryzae* en plantas de arroz al ser tratadas con fosfito de potasio. En el presente trabajo el Acibenzolar-S metil (ASM) fue el que mayor severidad registro. El AS y ASM tuvieron un control de la enfermedad hasta los 61 ddi, después de dicho tiempo la severidad en los tratamientos se expresó de manera más agresiva llevando a las plantas al colapso. Förster *et al.* (1998), reporta disminución de 0 - 60 % en la incidencia de *Phytophthora capsici* en

plantas de pimiento tratadas con fosfitos comerciales, fosfitos (1.0 mM y 0.1 mM) y 1 mM fosfato/0.3 mM fosfito.

### 4.3 Parámetros agronómicos

#### 4.3.1. Altura de planta

Para la variable altura de planta el tratamiento testigo no mostró diferencia significativa con el FCa, el cual presentó un incremento del 6.4% en altura con respecto al IBC; siendo el AS el que menor altura de planta presentó, con una disminución del 67% en comparación al testigo; lo anterior difiere a lo reportado por Romero *et al.*, (2018), reportan en plantas de rosas infectadas con mildiu veloso (*Peronospora sparsa*) un incremento en la altura de planta del 24.8% al ser tratadas con fosfitos; Mogollón-Castaño, (2011), reporto efectos similares con tres aplicaciones aplicación de fosfitos a plantas de plátano (Dominico-Hartón), infectadas con *Mycospharella spp.* Menciona que la altura de planta tuvo un promedio del 26% con respecto al testigo; de igual manera Vargas-Zapata, (2012), reportaron un 67% de incremento en la altura de plantas de plátano (Dominico-Hartón), tratadas con fosfitos con presencia de nematodos (*Radopholus similis*, *Helicotylenchus spp.* y *Meloidogyne spp.*) en la planta.

**Tabla 4. Comparación de la Altura de planta (ALTP) de plantas inoculadas con CaLso.**

Tratamientos	Media	Grupos
FMn	62.583	C D
FCa	78.333	A B
FZn	69.417	B C D
FK	72.667	B C
FMg	63.000	C D
FCu	72.333	B C
AS	58.333	D
ASM	71.917	B C
IBC	73.583	B C
Testigo	86.833	A

\* Columnas con la misma letra no muestran diferencia significativa ( $p > 0.05$ )

#### 4.3.2, Diámetro del tallo

El AS presento mayor diámetro de tallo con un incremento del 6%, sin embargo, ese incremento no es significativo a los FMn, FZn, FK; que presentaron un incremento de 3 – 5 %. El FCu fue el que presentó menor diámetro del tallo en base al testigo. Respecto a dicho parámetro, Romero *et al.*, (2018), registraron un incremento del 13.6% en el diámetro del tallo en plantas de rosal tratadas con fosfitos e inoculadas con *Peronospora sparsa*.

**Tabla 5. Comparación del Diámetro del tallo (DT) de plantas inoculadas con CaLso**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos</b>
<b>FMn</b>	13.332	A B
<b>FCa</b>	12.465	A B C
<b>FZn</b>	13.635	A B
<b>FK</b>	13.415	A B
<b>FMg</b>	12.871	A B C
<b>FCu</b>	11.665	C
<b>AS</b>	13.733	A
<b>ASM</b>	12.358	B C
<b>IBC</b>	13.065	A B
<b>Testigo</b>	12.970	A B

\* Columnas con la misma letra no muestran diferencia significativa ( $p > 0.05$ )

#### 4.3.3. Peso fresco y seco de la planta

En cuanto al PFP y PSP (753 y 89.493 gr), en el FMn se pudo observar un aumento del 10% en relación al testigo; sin embargo no muestra diferencia significativa a los demás tratamientos, a excepción del ASM que presento el menor PFP y PSP (452.83 y 61.828 gr) esto coincide con Pastor *et al.*, (2011) quienes reportan el uso de fosfitos a diferentes concentraciones en plantas de tomate infectadas con *Phytophthora parasítica*, la concentración 1.4 mg ml<sup>-1</sup>

presento un aumento en el peso fresco y seco de la planta de un 14.2% en relación al inoculado sin tratamiento. De igual forma Abbasi y Lazarivits (2006), reportan el aumento de peso fresco en plantas de pepino en un 55%, infectadas con damping-off al ser tratadas con fosfitos. Cortez *et al.*, (2018), reporta que en plantas de piña inoculadas *Phytophthora* sp. Tratadas con fosfitos obtuvo un crecimiento un 20% en PFP y un 25% en PSP respecto al testigo.

**Tabla 6. Comparación del Peso fresco (PFP) y Peso seco de la planta (PSP) de plantas inoculadas con CaLso**

Tratamientos	PFP	PSP
	Media	Media
FMn	753.00 A	89.493 A
FCa	687.33 A B	88.180 A
FZn	625.17 B	80.568 A
FK	678.25 A B	85.668 A
FMg	659.25 A B	85.510 A
FCu	639.75 B	82.748 A
AS	605.33 B	78.812 A
ATG	452.83 C	61.828 B
IBC	701.92 A B	87.196 A
Testigo	684.00 A B	88.849 A

\* Columnas con la misma letra no muestran diferencia significativa ( $p > 0.05$ )

#### 4.3.4 Peso fresco y seco de la raíz

El testigo presento un mayor PFR, pero no fue significativamente diferente al FK y FCu, los cuales presentaron un incremento de su PFR de un 30.2% y un 27.9% en comparación al IBC. El tratamiento que menor peso fresco presento fue el ASM con un 64.6% en relación al IBC. Este mismo comportamiento se presentó en la variable PSR. Sin embargo, Mofidnakhaei *et al.* (2016), reporta en incremento del área radicular (porcentaje) en plantas de pepino tratadas con fosfitos e inoculadas con *Pythium ultimum*, lo anterior concuerda con lo ya

reportado por Pastor *et al.* (2011), quienes reportan un incremento 31.6% del PFR y PSR en plantas de tomate infectadas con *Phytophthora parasítica* tratadas con 1.4 mg ml<sup>-1</sup> de fosfitos de potasio. Datos relacionados a lo anterior reportados por Cortez *et al.*, (2018), que obtuvo un aumento del 57% en PFR y PSR en planta de piña tratadas con fosfitos con presencia de *Phytophthora* sp.

**Tabla 7. Comparación del Peso fresco de la raíz (PFR) y Peso seco de la raíz (PSR) de plantas inoculadas con CaLso**

Tratamientos	Peso fresco		Peso seco	
	Media	Grupos	Media	Grupos
<b>FMn</b>	159.00	A B C	21.00	A B C D
<b>FCa</b>	148.08	A B C D	19.58	C D
<b>FZn</b>	125.83	C D E	20.58	A B C D
<b>FK</b>	177.83	A B	22.41	A B C
<b>FMg</b>	132.25	B C D E	20.08	B C D
<b>FCu</b>	174.67	A B	25.16	A B
<b>AS</b>	102.92	D E	15.58	D E
<b>ASM</b>	88.17	E	12.75	E
<b>IBC</b>	136.50	B C D E	18.00	C D E
<b>Testigo</b>	196.17	A	26.00	A

\* Columnas con la misma letra no muestran diferencia significativa ( $p > 0.05$ )

#### 4.3.5. Peso del fruto y diámetros ecuatorial y polar

En cuanto a la variable peso del fruto, el tratamiento testigo registró el peso más alto con un rendimiento de 26,826,147 g/ha; así como DP 61.2 mm y DE de 45.9 mm, el tratamiento IBC en comparación con el testigo tuvo un rendimiento de 6,932,061 g/ha, con DP 37.7 mm y DE 29.4 mm, teniendo una disminución de 74.1% de la producción, el FCa y FCu presentaron un aumento del rendimiento en 35.9% en relación al IBC; cabe señalar que los tratamientos inoculados con CaLso no registraron diferencia significativa; siendo que los tratamientos FMn, AS y ASM solo presentaron el primer racimo mientras que el

resto de los tratamiento produjeron frutos de tamaño reducido. Lo anterior concuerda con lo reportado por Jirón *et al.* (2016), quienes evaluaron el rendimiento en el cultivo de tomate con presencia de permanente del tomate a cielo abierto y casa sombra; con rendimientos de 52,456.5 kg/ha y 86,401.8 kg/ha respectivamente, estimando una pérdida de 39% por daños de la enfermedad. Así mismo Becerra (1989), menciona que el rendimiento del tomate se va afectado según la etapa fenológica en que ocurre la infección, mencionando que cuando la infección de CaLso ocurre en las primeras cuatro semanas de floración las pérdidas de producción pueden ir de un 75 al 98% entre los 65 ddt. Munyaneza *et al.*, (2009), reporta que al sur de los estados de Nuevo León la enfermedad nombrada "ZC en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), causa daños de hasta el 90% y en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), la enfermedad PT presento pérdidas estimadas en 45% en la región del bajío en Guanajuato. Cabe mencionar que la reducción en el crecimiento vegetativo y en el rendimiento se ha atribuido a la aplicación intensiva del ASM debido a que la resistencia inducida protege a la planta de enfermedades, pero también implica un costo debido a la asignación de recursos o a la toxicidad de los productos defensivos (Romero *et al.*, 2001); así como Van Loon *et al.*, (2009), han definido este comportamiento como el costo fisiológico por la inducción de las defensas de la planta. Al exponer las plantas a factores bióticos y abióticos de estrés, los cuales conducen a alteraciones en su estado fisiológico, lo que da lugar a importantes reducciones en el rendimiento y la calidad del cultivo (Atkinson *et al.*, 2011).

**Tabla 8. Comparación del Peso Fruto (PF) de plantas inoculadas con CaLso**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>DP</b>	<b>DE</b>
<b>FMn</b>	116.2 B	32.444 B	26.701B
<b>FCa</b>	314.7 B	38.469 B	30.041B
<b>FZn</b>	258.2 B	39.251 B	30.533 B
<b>FK</b>	231.4 B	34.683 B	26.723 B
<b>FMg</b>	234.5 B	36.191 B	27.858 B
<b>FCu</b>	304.8 B	29.203 B	23.903 B
<b>AS</b>	144.4 B	34.874 B	26.722 B
<b>ASM</b>	148.4 B	35.625 B	27.682 B
<b>IBC</b>	231.3 B	37.790 B	29.408 B
<b>Testigo</b>	895.1 A	61.226 A	45.957 A

\* Columnas con la misma letra no muestran diferencia significativa ( $p > 0.05$ )

La planta se defiende del ataque de las bacterias que hace que se induzca la síntesis y acumulación de compuestos como alcaloides, terpenoides y los fenilpropanoides que participan matando directamente al organismo o restringiendo su invasión al resto de la planta, sintetizando enzimas que degradan la pared celular del patógeno o inactiva tóxicos de origen microbiano, ante dicho atáquelos los genes de la planta codifican proteínas involucradas, en la fortificación de la pared celular como calosa, lignina y proteínas ricas en hidroxiprolina, producción de inhibidores de proteasas u de enzimas líticas como las quitinasas y glucanasas y la síntesis de metabolitos secundarios con efectividad antimicrobiana o antioxidantes; los fosfitos en dosis adecuadas pueden estimular la planta para producir metabolitos biológicamente activos, para incrementar la floración, rendimiento, tamaño de fruta, sólidos solubles totales y concentración de antocianinas y proporcionar el control de algunas enfermedades (Jiménez *et al.*, 2003; Lovatt & Mikkelsen, 2006).

## CONCLUSIÓN

La aplicación de los fosfitos sobre plantas de tomate inoculadas con *Candidatus Liberibacter solanacearum*, lograron reducir y retardar el desarrollo de síntomas en la planta; así como favorecer el desarrollo de variables como: altura de planta, peso del fruto, peso fresco y peso seco de planta, así como peso fresco y peso seco del sistema radicular.

Los fosfitos representan una alternativa viable dentro de un programa de manejo integrado de CaLso en tomate bajo condiciones de invernadero, sugiriendo en trabajos futuros, la evaluación de diversas dosis, que favorezcan un control exitoso de este patógeno en los diversos cultivos que afecta.

## LITERATURA CITADA

- ABAD, J. A., *et al.* Primer informe de la detección de especies de '*Candidatus Liberibacter*' en plantas de papa infectadas con la enfermedad del chip de cebrá en los Estados Unidos [online]. *Plant Disease*. 2009, 93 (1): 108-109. [viewed 18 July 2019].
- ABBASI, P. y LAZAROVITS, G. Seed treatment with phosphonate (AG3) suppresses *Pythium* damping-off of cucumber seedlings [online]. *Plant Disease*, 90(4), 459-464. [viewed 22 October 2019]. Available from: <https://doi.org/10.1094/PD-90-0459>
- AĆIMOVIĆ, S. G., *et al.* Control of fire blight (*Erwinia amylovora*) on apple trees with trunk-injected plant resistance inducers and antibiotics and assessment of induction of pathogenesis-related protein genes [online]. *Frontiers in Plant Science*. 2015, 6, 1-6. [viewed 10 October 2019]. Available from: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00016>
- ACHARY, V. M. M., *et al.* Phosphite: a novel P fertilizer for weed management and pathogen control [online]. *Plant Biotechnology Journal*. 2017, 1-16. [viewed 22 October 2019]. Available from: <https://doi.org/10.1111/pbi.12803>
- AGUILAR, E. *et al.*, Primer informe de "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" sobre el tabaco en Honduras [online]. *Plant Disease*. 2013, 97 (10): 1376-1377. [viewed 10 October 2019].
- ALEXANDERSSON, E., *et al.* Plant resistance inducers against pathogens in Solanaceae species-from molecular mechanisms to field application [online]. *International Journal Molecular Sciences*. 2016, 17:1-25. [viewed 25 September 19]. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijms17101673>
- ALFARO-FERNÁNDEZ, A., *et al.* Primer informe de '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' en zanahoria en España continental [online]. *Enfermedad vegetal*. 2012, 201296: 582. [viewed 16 October 2019].
- ALFARO-FERNÁNDEZ, A., *et al.* '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' asociado con zanahorias afectadas por *Bactericera trigonica* en las Islas Canarias [online]. *Enfermedad vegetal*. 2012, 96: 581. [viewed 1 July 2019].
- ALFARO-FERNÁNDEZ, A., *et al.* Haplotipos de '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' identificados en cultivos umbelíferos en España [online]. *European Journal of Plant Pathology*. 2017, 149 (1), 127-131. Available from: 10.1007/s10658-017-1172-2. [viewed 18 July 2019].

- ALFARO-FERNÁNDEZ, A., *et al.* 'Candidatus Liberibacter solanacearum' associated with *Bactericera trigonica* affected carrots in the Canary Islands [online]. *Plant Disease*. 2012, 96, 581–581. Available from: 10.1094/pdis-10-11-0878-pdn. [viewed 18 August 2019].
- AMIRI, A., *et al.* Control of *Penicillium expansum* with potassium phosphite and heat treatment [online]. *Crop Protection*. 2011, 30: 222-227. [viewed 11 August 2019].
- ANGARITA, A. R. Moléculas activadoras de la inducción de resistencia, incorporadas en programas de agricultura sostenible [online]. *Revista Manejo Integrado de Plagas*. 2001, 6: 4-11. [viewed 11 August 2019].
- Atkinson, N.J., *et al* 2011. Influence of combined biotic and abiotic stress on nutritional quality parameters in tomato (*Solanum lycopersicum*). [online]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 9673-9682. . [viewed 21 november 2019].
- BARBOSA, M. A. G., *et al.* Custo fisiológico da resistência em algodoeiro sob diferentes níveis de nitrogênio [online]. *Summa Phytopathol.* 2008, vol. 34, p. 338-342 [viewed 28 August 2019].
- BELTRAN BEACHE MARIANA. 2014. "Inducción de resistencia en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a *Candidatus Liberibacter solanacearum*, mediante la aplicación de alcaloides". Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- BERNAL, R. Enfermedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero en las zonas de Salto y Bella Unión. Serie Técnica. INIA. 2010, 181, 1-71.
- BEXTINE, B., *et al.* Primer informe de "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" sobre tomate en El Salvador. *Enfermedades de las plantas* [online]. 2013, 97 (9): 1245. [viewed 8 September 2019].
- BEXTINE, B., *et al.* Primer informe de chip de cebra y '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' sobre papas en Nicaragua [online]. *Plant Disease*. 2013, 97 (8): 1109. [viewed 17 August 2019].
- BEXTINE, B., *et al.* Zebra chip developments in Central América [online] In: *Proceedings of the 2012 Annual Zebra Chip reporting Session*. [viewed 22 August 2019].
- BLANCARD, D., Y IGLESIAS, A. P. Enfermedades del tomate: observar, identificar, luchar. Mundi-prensa, 1988. P. 212.

- BORGUINI, R. G., et al. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants [online]. *Food Reviews International*. 2009, 25(4), 313-325. [viewed 12 August 2019].
- BORZA, T., et al. Ion chromatography analysis of phosphite uptake and translocation by potato plants: dose dependent uptake and inhibition of *Phytophthora infestans* development [online]. *Crop Protection*. 2014, 56:74-81. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.10.024> [viewed 16 October 2019].
- BOVE, J. M. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus [online]. *J Plant Pathol*. 2006, 88, 7-37. [viewed 16 March 2019].
- BROWN, J. K., et al. Primer informe de "*Candidatus Liberibacter psyllaourous*" (sinónimo "*Ca. L. solanacearum*") asociado con enfermedades de "enverdecimiento de las venas del tomate" y "amarillos de los psílicos del tomate" en invernaderos comerciales en Arizona [online]. *Enfermedad vegetal*. 2010, 94 (3): 376. [viewed 18 September 2019].
- BUGIANESI, R., et al. Effect of domestic cooking on human bioavailability of naringenin, chlorogenic acid, lycopene and  $\beta$ -carotene in cherry tomatoes [online]. *European journal of nutrition*. 2004, 43 (6), 360-366. [viewed 18 August 2019].
- BUJANOS, M. R., and R. C. RAMOS. El psílido de la papa y tomate *Bactericera* (=Paratrioza) *cockerelli* (Sulc)(Hemiptera: Triozidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la región del OIRSA. Corporativo Editorial Tauro SA de CV. 2015, 17-21.
- CABI/EPPO. *Candidatus Liberibacter psyllaourous*. Distribution Maps of Plant Diseases, 2011. No. April. Map 1098 (Edition 1). [viewed 8 November 2019].
- CAMACHO-TAPIA, M., et al. Biological, ecological, epidemiological and management aspects of *Candidatus Liberibacter* [online]. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 2016, 22, 5-16. Available from: [org/10.5154/r.rchsh.2015.09.021](http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.09.021). [viewed 8 November 2019].
- CAMACHO-TAPIA, M., et al. Aetiology of chili pepper variegation from Yurécuaro, México [online]. *Journal of Plant Pathology*. 2011, 93, 331-335. Available from: [dx.doi.org/10.4454/jpp.v93i2.1187](http://dx.doi.org/10.4454/jpp.v93i2.1187). [viewed 8 November 2019].

- CAMARENA, G. G., *et al.* Resistencia sistémica adquirida en plantas: Estado actual [online]. Revista Chapingo. Serie Ciencia Forestales y del Ambiente. 2007, 13(2): 157-162. [viewed 9 August 2019].
- CASTEEL, C. L., *et al.* Manipulation of Plant Defense Responses by the Tomato Psyllid (*Bactericerca cockerelli*) and Its Associated Endosymbiont *Candidatus Liberibacter Psyllaurous* [online]. PLoS ONE. 2012 7-4. Available from: e35191. doi:10.1371/journal.pone.0035191. [viewed 14 August 2019].
- CAVALCANTI, L. S., *et al.* Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos [online]. FEALQ. Piracicaba. 2005, 11-153. [viewed 14 August 2019].
- CERIONI, L., *et al.* Use of phosphite salts in laboratory and semicommercial tests to control citrus postharvest decay [online]. Plant Dis. 2013, 97: 201-212. [viewed 8 November 2019].
- CICERO, J. M., *et al.* Localization of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' and evidence for surface appendages in the potato psyllid vector [online]. Phytopathology. 2016 106, 142-154. Available from: org/10.1094/PHYTO-04-15-0088-R. [viewed 9 September 2019].
- CROSSLIN, J. M., *et al.* Primer informe de '*Candidatus Liberibacter psyllaurous*' en papas sintomáticas con chip de cebrá de California [online]. Enfermedad vegetal. 2009, 93, 5-551. [viewed 19 October 2019].
- CROSSLIN, J. M., Primer informe de enfermedad por chips de cebrá y "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" en papas en Oregon y el estado de Washington [online]. Enfermedad vegetal. 2012 96 3- 452. [viewed 14 August 2019].
- CROSSLIN, J. M., *et al.* Potato Zebra Chip Disease: a Phytopathological [online]. Plant Health Progress. 2010. Available from: 10.1094/PHP-2010-0317-01-RV. [viewed 14 August 2019].
- CROSSLIN, J. M., *et al.* First Report of Zebra Chip Disease and "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" on Potatoes in Idaho [online]. Plant Disease. 2012, 96 3-453. Available from: <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-11-0853> [viewed 15 August 2019].
- CUSTERS, J. H. H. V. Engineering disease resistance in plants [online]. Universidad de Wageningen. 2007, 7-49. [viewed 1 October 2019].
- DELGADO-ORTIZ, J. C., *et al.* *Candidatus Liberibacter solanacearum* patógeno vascular de solanáceas: Diagnóstico y control [online]. TIP

- Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. 2019, 22.1-12. Available from: 10.22201/fesz.23958723e.2019.0.177. [viewed 16 October 2019].
- DELIOPOULOS, T. Fungal disease suppression by inorganic salts: a review [online]. Crop Protection. 2010, 29, 1059-1075. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.011>. [viewed 1 October 2019].
- DI MATEO, A., *et al.* The crystal structure of polygalacturonase-inhibiting protein (PGIP), a leucine-rich repeat protein involved in plant defense [online]. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2003, 100:17, 10124-10128. Available from: 10.1073/pnas.1733690100 [viewed 11 October 2019].
- DOTOR, M. Y., *et al.* Mecanismos de resistencia sistémica en plantas [online]. Acta Iguazu. 2014, 3:2, 1-19. [viewed 11 July 2019].
- DOYLE, J. J. y DOYLE, J. L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue [online]. Phytochem Bull. 1990, 19: 11-15. [viewed 11 July 2019].
- EPPO. First report of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' on carrot in France, in association with *Trioza apicalis* [online]. EPPO Reporting Service-Pests and Diseases. 2012,10. 9-10. [viewed 11 July 2019].
- EPPO. First report of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' on carrots and celery in Spain, in association with *Bactericera trigonica* [online]. EPPO Reporting Service - Pests and Diseases. 2012, 6. 4-5. [viewed 11 July 2019].
- EPPO. PQR database. Paris, France: European and Mediterranean Plant Protection Organization [online]. 2014. [viewed 11 July 2019]. [https://www.eppo.int/RESOURCES/eppo\\_databases/global\\_database](https://www.eppo.int/RESOURCES/eppo_databases/global_database)
- EPPO. EPPO Global Database [online]. 2019. <https://gd.eppo.int>
- FAOSTAT. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Food and agricultural commodities production [online]. 2011, [viewed 7 August 2019].
- FÖRSTER, H., *et al.* Effect of phosphite on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to *Phytophthora* root and crown rot in hydroponic culture [online]. Plant Disease, 1998, 82:10, 1165-1170. [viewed 17 August 2019].
- FRENCH-MONAR, R. D., *et al.* First report of "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" on field tomatoes in the United States [online]. Plant

- Disease. 2010, 94, 4-48. Available from: [10.1094/PDIS-94-4-0481A](https://doi.org/10.1094/PDIS-94-4-0481A). [viewed 17 August 2019].
- GARCÍA, M. R., *et al.* Fitoalexinas: mecanismo de defensa de las plantas [online]. Revista Chapingo serie forestales y del ambiente. 2003, 9:01, 5-10. [viewed 17 August 2019].
- GARNIER, M., *et al.* Genomic characterization of a liberibacter present in an ornamental rutaceous tree, *Calodendrum capense*, in the Western Cape province of South Africa. Proposal of '*Candidatus Liberibacter africanus* subsp. *capensis*' [online]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2000, 50:06, 2119–2125. Available from: <https://doi.org/10.1099/00207713-50-6-2119>. [viewed 19 August 2019].
- GARZÓN-TIZNADO, J. A. Enfermedad del “permanente” del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Celaya, Guanajuato XI Congreso Nacional de Fitopatología. San Luis Potosí, S. L. P. Resúmenes Sociedad Mexicana de Fitopatología, A. C. 1984, p 138.
- GARZÓN-TIZNADO, J. A. *et al.* Asociación de Hemiptera: Triozidae con la Enfermedad ‘Permanente del Tomate’ en México [online]. Revista Agricultura Técnica en México. 2009. 35:1, 61-72 [viewed 22 July 2019].
- GARZÓN-TIZNADO, J. A. *et al.* “Ensayos de transmisión del fitoplasma asociado al permanente del tomate por el psílido *Bactericera cockerelli* SULC en México”. Entomología Mexicana. 2005, 4:672-674. [viewed 22 July 2019].
- GÓMEZ, D. E. y ERLEI M. R. Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos [online]. Revista química viva. 2011, 1. [viewed 22 June 2019].
- GÓMEZ, O. y RODRÍGUEZ, G. Impacto del cultivar en el sistema protegido de tomate. In *Conferencia, La Habana: IIHLD* [online]. 2004. [viewed 22 June 2019].
- GÓMEZ-MERINO, F. C., y TREJO-TÉLLEZ, L. I. Biostimulant activity of phosphite in horticulture [online]. Scientia Horticulturae. 2015, 196, 82-90. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.035>. [viewed 26 June 2019].
- GUDMESTAD, N. C., y SECOR, G. A. Zebra chip: A new disease of potato. Nebraska Potato Eyes [online]. 2007, 19:1-4. [viewed 26 June 2019].
- GUEVARA BLACK, TERRY FAUSTO y ESTRELLA COELLO, NORMA MARITZA. 2008. Determinación y caracterización de enfermedades bacterianas del tomate riñón (*Lycopersicon sculentum*), cultivado bajo invernadero en doce áreas de la cordillera central del Ecuador. Tesis

- para obtener el grado de Ingeniero Agropecuario. Escuela Politécnica del ejército. Salgonquí, Ecuador. [viewed 26 June 2019].
- HAAPALAINEN, M., *et al.* Genetic variation of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' haplotype C and identification of a novel haplotype from *Trioza urticae* and stinging Nettle [online]. *Phytopathology*. 2018, 108:8, 925-934. Available from: 10.1094/PHYTO-12-17-0410-R [viewed 26 June 2019].
- HAMMERSCHMIDT, R. y NICHOLSON, R. L. A survey of plant defense responses to pathogens. In: Agrawal A, Tuzun S, eds. *Induced Plant Defenses Against Pathogens and Herbivores*. 1999, APS Press, 55–71. [viewed 26 June 2019].
- HANSEN, A. K., *et al.* A new Huanglongbing Species, "*Candidatus Liberibacter psyllauros*," found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericera cockerelli* (Sulc) [online]. *Microbiología Aplicada y Ambiental*. 2008, 74:18, 5862-5865. Available from: <https://doi.org/10.1128/AEM.01268-08>. [viewed 26 June 2019].
- HEIL, M. Different strategies for studying ecological aspects of systemic acquired resistance (SAR) [online]. *Journal of Ecology*. 2000, 88:4, 707-708. Available from: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2000.00498.x>. [viewed 26 June 2019].
- HERNÁNDEZ-DEHEZA, M. G. Etiología del variegado del chile (*Capsicum annuum* L.) en Yurécuaro, Michoacán, Postgrado de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco. Edo. de México. 2013. p. 51. [viewed 26 June 2019].
- HERNÁNDEZ-LEAL, E., *et al.* Comportamiento agronómico de poblaciones F2 de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) [online]. *Revista fitotecnia mexicana*. 2013, 36:3, 209-215. [viewed 26 July 2019].
- HOLEVA, M. C., *et al.* First report of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' on carrot in Greece. *Plant Disease* [online]. 2017, 101: 1819. Available from: <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-17-0419-PDN>. [viewed 26 July 2019].
- JAGOUÉIX, S., *et al.* The Phloem limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the  $\alpha$  subdivision of the Proteobacteria [online]. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 1994, 44, 379-386. Available from: DOI: 10.1099/00207713-44-3-379. [viewed 26 July 2019].
- JANKIEWICZ, L. S. Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Mundi-Prensa, México. 2003. p. 487

- KHAIRULMAZMI, A., *et al.* Occurrence and spread of *Candidatus Liberibacter asiaticus*, the causal agent of Huanglongbing disease of citrus in Malaysia [online]. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 2008, 4, 103-111. [viewed 26 July 2019].
- KROMANN, P., *et al.* Use of phosphonate to manage foliar potato late blight in developing countries [online]. Plant Disease. 2012, 96: 1008-1015. [viewed 26 July 2019].
- LEHNINGER, A. L. Bioquímica las bases moleculares de la estructura y función celular. 2da edición, Omega, Barcelona, España, 1997. 1144 p.
- LÉVY, J. Y TAMBORINDEGUY, C. *Solanum habrochaites*, a potential source of resistance against *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) and "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" [online]. Journal of Economic Entomology. 2014, 107(3), 187-1194. [viewed 26 July 2019].
- LIEFTING, L. W., *et al.* A new '*Candidatus Liberibacter*' species in *Solanum tuberosum* in New Zealand. Plant Disease. 2008, 92(10), 1474. Available from: [org/10.1094/PDIS-92-10-1474](http://org/10.1094/PDIS-92-10-1474)<sup>a</sup>. [viewed 5 November 2019].
- LIEFTING, L. W. *et al.* A new "*Candidatus Liberibacter*" species associated with diseases of solanaceous crops [online]. Plant disease. 2009, 93(3), 208-214. [viewed 5 November 2019].
- LIEFTING, L. W., *et al.* '*Candidatus Liberibacter solanacearum*', a liberibacter associated with plants in the family Solanaceae [online]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2009, 59, 2274-2276. Available from: [org./10.1099/ij.s.0.007377-0](http://org./10.1099/ij.s.0.007377-0). [viewed 5 November 2019].
- LIEFTING, L. W., *et al.* '*Candidatus Liberibacter solanacearum*', associated with plants in the family Solanaceae [online]. Int J Syst Evol Microbiol. 2009, 59, 2274-2276. [viewed 6 November 2019].
- LIN, H., *et al.* The complete genome sequence of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*', the bacterium associated with potato zebra chip disease [online]. PLoS ONE. 2011, 6, 1-13. Available from: [org/10.1371/journal.pone.0019135](http://org/10.1371/journal.pone.0019135). [viewed 6 November 2019].
- LOBATO, M. C., *et al.* Effect of foliar applications of phosphite on post-harvest potato tubers [online]. European Journal Plant Pathology. 2011, 130, 155-163. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9741-2> [viewed 6 November 2019].

- LOISEAU M., *et al.* Primer informe de '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' en zanahoria en Francia [online]. *Plant Disease*, 2014, 98(6), 839. [viewed 6 November 2019].
- LONG, J. De tomates y jitomates en el siglo XVI [online]. *Estudios de cultura náhuatl*. 1995, 25, 239-252. [viewed 6 November 2019].
- LOVATT, C. J. y MIKKELSEN, R. L. Phosphite fertilizers: What are they? Can you use them? What can they do [online]. *Better crops*, 2006, 90(4), 11-13. [viewed 16 October 2019].
- MARTÍNEZ-RUIZ, F. E., *et al.* (2016). Hongos fitopatógenos asociados al tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) en la zona árida del noroeste de México: la importancia de su diagnóstico [online]. *European Scientific Journal*. 2016, 12(18), 232-256. Available from: 10.19044/esj.2016.v12n18p232 [viewed 16 October 2019].
- MANNA M. The development of a phosphite-mediated fertilization and weed control system for rice [online]. *Scientific Reports*. 2016, 6:1-13. Available from: <https://doi.org/10.1038/srep24941>. [viewed 16 October 2019].
- MCDONALD A. E., *et al.* Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response [online]. *Journal Plant Nutrition*. 2001, 24, 1505-1519. Available from: <http://dx.doi.org/10.1081/PLN-100106017>. [viewed 11 October 2019].
- MELGOZA-VILLAGÓMEZ, C. M., *et al.* Presencia de *Candidatus Liberibacter solanacearum* en *Bactericera cockerelli* Sulc asociada con enfermedades en tomate, chile y papa [online]. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2018. 9(3), 499-509. Available from: <http://dx.doi.org/10.29312/remexca.v9i3.267>. [viewed 12 October 2019].
- MOLINA, A. y RODRÍGUEZ, P. Resistencia sistémica inducida: una herramienta bio-ecológica [online]. En II Conferencia internacional sobre eco-biología del suelo y el compost. 2008. [viewed 12 October 2019].
- MENDOZA-HERRERA, A., *et al.* Infection by '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' haplotypes A and B in *Solanum lycopersicum* 'Moneymaker' [online]. *Plant Disease*. 2018, 102(10), 2009-2015. Available from: <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-17-1982-RE> [viewed 14 October 2019].
- MOFIDNAKHAEI, M., *et al.* Potassium phosphite affects growth, antioxidant enzymes activity and alleviates disease damage in cucumber plants inoculated with *Pythium ultimum* [online]. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, (2016). 49(9-10), 207-221. Available from:

<https://doi.org/10.1080/03235408.2016.1180924> [viewed 14 October 2019]

- MOGOLLÓN, O. Á. y CASTAÑO, Z. J. Efecto de inductores de resistencia en plántulas de plátano dominico-hartón (*Musa balbisiana* aab) contra *Mycosphaerella* spp. [online]. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 2011, 35(137), 463-471 Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v35n137/v35n137a05.pdf> .[viewed 14 Octubre 2019].
- MONCHIERO, M., Lodovica. Efficacy of different chemical and biological products in the control of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* on kiwifruit [online]. Australasian Plant Pathology. 2015, 44, 13-23. Available from: <https://doi.org/10.1007/s13313-014-0328-1> . [viewed 14 October 2019].
- MONGER, W. A. Y JEFFRIES, C. J. Primer informe de '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' en semillas de perejil (*Petroselinum crispum*) [online]. Nuevos informes de enfermedades. 2016, 34:31. [viewed 14 October 2019].
- MORENO, Y. Diversidad morfológica y agronómica de poblaciones nativas de jitomate del centro, sur y sureste de México [online]. Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. México. 2010. [viewed 14 October 2019].
- MUNYANEZA, J. E. Psílidos como vectores de enfermedades bacterianas emergentes de cultivos anuales [online]. Southwestern Entomologist. 2010, 35(3), 471-477. [viewed 14 October 2019].
- MUNYANEZA, J. E. Enfermedad por chips de cebra de papa: biología, epidemiología y manejo [online]. American Journal of Potato Research. 2012, 89(5): 329-350. [viewed 14 October 2019].
- MUNYANEZA, J. E., *et al.* Asociación de "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" con el psílido, *Trioza apicalis* (Hemiptera: Triozidae) en Europa [online]. Journal of Economic Entomology. 2010, 103 (4), 1060-1070. [viewed 14 October 2019].
- MUNYANEZA, J. E., *et al.* First report of "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" associated with psyllid affected carrots in Europe. Plant Disease, 2010, 94(5): 639. Available from: [org/10.1094/PDIS-94-5-0639a](https://doi.org/10.1094/PDIS-94-5-0639a). [viewed 14 October 2019].
- MUNYANEZA, J. E., *et al.* Primer informe de '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' sobre pimiento en Honduras [online]. Enfermedad vegetal. 2014, 98(1), 154. [viewed 15 October 2019].

- MUNYANEZA, J. E., *et al.* Primer informe de '*Candidatus* Liberibacter solanacearum' infectando berenjenas en Honduras. Enfermedad de las plantas. 2013, 97(12), 1654. [viewed 17 October 2019].
- MUNYANEZA J. E., *et al.* Efectos de la temperatura sobre '*Candidatus* Liberibacter solanacearum' y el desarrollo de síntomas de la enfermedad de la papa con chip de cebrá [online]. Plant Disease. 2012, 96 (1): 18-23. [viewed 6 October 2019].
- MUNYANEZA, J. E., *et al.* Further evidence that zebra chip potato disease in the lower Rio Grande Valley of Texas is associated with *Bactericera cockerelli* [online]. Subtropical Plant Science. 2007, 59, 30-37. [viewed 6 October 2019].
- MUNYANEZA, J. E., *et al.* First report of "*Candidatus* Liberibacter solanacearum" in tomato plants in Mexico [online]. Plant Disease. 2009, 93(10), 1076-1076. [viewed 11 September 2019].
- MUNYANEZA, J. E., *et al.* Association of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with "zebra chip", a new potato disease in southwestern United States and Mexico [online]. Journal of Economic Entomology, 2007, 100, 656-663. Available from: [https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2007\)100\[656:aobchp\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2007)100[656:aobchp]2.0.co;2). [viewed 11 September 2019].
- MUNYANEZA, J. E., *et al.* First report of "*Candidatus* Liberibacter solanacearum" in pepper plants in Mexico [online]. Plant Disease. 2009, 93, 1076. Available from: [org/10.1094/PDIS-93-10-1076B](https://doi.org/10.1094/PDIS-93-10-1076B). [viewed 11 September 2019].
- MURPHY A. F., *et al.* Primer informe de infección natural por '*Candidatus* Liberibacter solanacearum' en la sombra agridulce (*Solanum dulcamara*) en la cuenca de Columbia del este de Oregon. Plant Disease. 2014, 98(10): 1425-1426. [viewed 11 September 2019].
- NACHAPPA, P., *et al.* Transcriptome analyses of *Bactericera cockerelli* adults in response to "*Candidatus* Liberibacter solanacearum" infection. Molecular Genetics and Genomics. 2012, 287, 803-817. Available from: [org/10.1007/s00438-012-0713-9](https://doi.org/10.1007/s00438-012-0713-9). [viewed 11 September 2019].
- NASCIMENTO, K. J. T., *et al.* Silicon, acibenzolar-S-methyl and potassium phosphite in the control of brown spot in rice [online]. . Bragantia. 2016, 75(2), 212-221. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.281> [viewed 11 September 2019].
- NELSON W. R., *et al.* A new haplotype of "*Candidatus* Liberibacter solanacearum" identified in the Mediterranean region [online]. European

- Journal Plant Pathology. 2013, 135, 633 - 639. [viewed 11 September 2019].
- NELSON, W. R., *et al.* The Pangaeian origin of '*Candidatus Liberibacter*' species [online]. Journal Plant Pathology. 2013, 95, 455-461. Available from: 10.4454/JPP.V95I3.001. [viewed 11 September 2019].
- NELSON, W.R., *et al.* Haplotypes of "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" suggest long-standing separation. European Journal of Plant Pathology. 2011, 130, 5-12. Available from: org/10.1007/s10658-010-9737-3. [viewed 11 September 2019].
- OLIVIERI, F. P., *et al.* Phosphite applications induce molecular modifications in potato tuber periderm and cortex that enhance resistance to pathogens [online]. Crop Protection. 2012. 32, 1-6. [viewed 14 September 2019].
- PASTOR, J. N., *et al.* In vitro and in vivo antifungal activity of phosphite against *Phytophthora parasitica* in tomato [online]. Acta Horticulturae. 2011, 917, 167-172. Available from: 10.17660/ActaHortic.2011.917.21. [viewed 14 September 2019].
- PEÑA-CORTÉS, H. y WILLMITZER, L.. The role of hormones in gene activation in response to wounding [online]. in Plant hormones. 1995. p. 395-414. Available from: [https://doi.org/10.1007/978-94-011-0473-9\\_19](https://doi.org/10.1007/978-94-011-0473-9_19) [viewed 11 July 2019]
- RASHED, A., *et al.* Zebra chip disease and potato biochemistry: tuber physiological changes in response to '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' infection over time [online]. Phytopathology. 2013, 103, 419-426. [viewed 14 November 2019]. Rangel, S. G., Castro, M. E., Beltran, P. E., Reyes, H. & García P. E. (2010). El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. Biológicas 12(2), 90-95 [viewed 11 July 2019]
- RAVINDRAN, A., *et al.* Development of primers for improved PCR detection of the potato zebra chip pathogen, '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' [online]. Plant Disease. 2011, 95(12), 1542.-1546. available from: 10.1094/PDIS-05-11-0386. [viewed 11 July 2019]
- ROJAS-MARTÍNEZ, R. I., *et al.* First report of the presence of haplotypes A and B of *Candidatus Liberibacter solanacearum* in chili (*Capsicum annuum* L.) in the Central Region of Mexico [online].. Journal of Plant Pathology. 2016, 98(1), 111-115. Available from: <https://www.istor.org/stable/24892629> [viewed 11 July 2019].
- ROMERO, P. I. Á., *et al.* Identificación y alternativas de manejo del mildiu veloso en rosal [online].. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2018,

- 9(8), 1577-1589. Available from: <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1715> [viewed 11 July 2019].
- ROMERO, A.M., *et al.* Resistencia a la mancha bacteriana en el pimiento inducida por Acibenzolar-S-metil [online]. Plant Disease. 2001. 85: 189-194. Available from: <https://doi.org/10.1094/PDIS.2001.85.2.1899> [viewed 11 July 2019].
- REHMAN, M., *et al.* Primer informe de "*Candidatus Liberibacter psyllaourous*" o "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" asociado con clorosis foliar severa, rizado y necrosis y decoloración de tubérculos de plantas de papa en Honduras [online]. Plant Disease. 2010, 94(3), 376-377. [viewed 14 November 2019].
- ROBAYO, M. Y., *et al.* Mecanismos de resistencia sistémica en plantas [online]. Acta Iguazu. 2014, 3(2), 1-19. [viewed 2 November 2019].
- ROJAS-MARTÍNEZ, R. I., *et al.* Association of *Candidatus Liberibacter solanacearum* with the decline of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Journal of Plant Pathology. 2016; 98(2):191-196. [viewed 2 November 2019].
- ROJAS-MARTÍNEZ, R. I., *et al.* First report of the presence of haplotypes A and B of *Candidatus Liberibacter solanacearum* in chili (*Capsicum annum* L.) in the Central Region of Mexico [online]. Journal of Plant Pathology. 2016, 98, 111-115. [viewed 2 November 2019].
- RUBIO-COVARRUBIAS, O. Á., *et al.* Relación entre *Bactericera cockerelli* y presencia de *Candidatus Liberibacter psyllaourous* en lotes comerciales de papa [online]. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2011, 2(1), 17-28. [viewed 2 November 2019].
- SÁNCHEZ, G. Rangel, *et al.* El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas [online]. Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias. 2013, 12, 90-95. [viewed 2 November 2019].
- SCHREIBER, K. y DESVEAUX, D. Message in a bottle: chemical biology of induced disease resistance in plants [online]. The Plant Pathology Journal, 2008, 24(3), 245-268. [viewed 2 November 2019].
- SECOR, G. A. y RIVERA-VARAS, V. V. Emerging diseases of cultivated potato and their impact on Latin America [online]. Revista Latinoamericana de la Papa. 2004,1,1,8. Available from: <http://static.elmercurio.cl/Documentos/Campo/2012/05/09/2012050912814.pdf> [viewed 2 november 2019].

- SECOR, G. A., *et al.* Association of '*Candidatus liberibacter solanacearum*' with zebra chip disease of potato established by graft and psyllid transmission, electron microscopy, and pcr [online]. Plant disease. 2009, 93(6): 574-583. [viewed 2 november 2019].
- SEPÚLVEDA, J. G., *et al.* La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas [online]. Revista mexicana de fitopatología. 2003, 21(3), 355-363. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61221317> [viewed 2 November 2019].
- SHANER, G. y FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-Mildewing resistance in knot wheat [online]. . Phytopathology. . 1977, 67. Available from: 10511056[https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1977Articles/Phyto67n08\\_1051.PDF](https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1977Articles/Phyto67n08_1051.PDF) [viewed 2 november 2019]
- SIAP. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2019. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2019. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>
- SILVA, O. C., *et al.* Potassium phosphite for control of downy mildew of soybean [online]. Crop protection. 2011, 30: 598-604. [viewed 5 March 2019].
- STEINER, A. A. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition [online]. . Plant and soil. . 1961, 15(2), 134-154.available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01347224> [viewed 2 november 2019].
- SWISHER-GRIMM, K. D. y GARCZYNSKI, S. F. Identification of a New Haplotype of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' in *Solanum tuberosum* [online]. Plant disease, 2019, 103(3), 468-474. [viewed 5 March 2019].
- TAHZIMA, R., *et al.* First report of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' on carrot in Africa [online]. Plant Disease. 2014, 98(10), 1426. [viewed 5 March 2019].
- TANAKA, F. A. O., *et al.* Detection of the "*Candidatus Liberibacter americanus*" in phloem vessels of experimentally infected *Catharanthus roseus* by scanning electron microscopy [online]. Fitopatol Bras. 2007, 36, 519-520. [viewed 9 March 2019].

- TEIXEIRA, D. C., *et al.* 'Candidatus Liberibacter americanus', associated with citrus huanglongbing (greening disease) in São Paulo State, Brazil [online]. *Int J Syst Evol Microbiol*, 2005, 55, 1857-1862. [viewed 9 March 2019].
- TERESANI, G. R., *et al.* Association of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' with a vegetative disorder of celery in Spain and development of a real-time PCR method for its detection [online]. *Phytopathology*, 2014, 104(8), 804-811. [viewed 9 March 2019].
- TERESANI, G. R., *et al.* "Search for potential vectors of *Candidatus Liberibacter solanacearum*: population dynamics in host crops" [online]. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2015, 13(1). [viewed 9 March 2019].
- TKACZYK, M. *et al.* The use of phosphates in forestry. *Forest Research Papers* [online]. 2016, 77:76-81. Available from: <https://doi.org/10.1515/frp-2016-0009>. [viewed 10 March 2019].
- TORRES, G. L., *et al.* Horizontal Transmission of "Candidatus Liberibacter solanacearum" by *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) on *Convolvulus* and *Ipomoea* (Solanales: Convolvulaceae) [online]. *PLoS ONE*. 2015. Available from: [10.1371/journal.pone.0142734](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142734). [viewed 10 March 2019].
- VAN LOON, L.C., *et al.* Costos y beneficios de la preparación para la defensa en *Arabidopsis* [online]. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias*. 2006 103 5602-5607. Available from: <https://doi.org/10.1073/pnas.05102131033>. [viewed 10 March 2019].
- VEGA-GUTIÉRREZ, M. T., *et al.* Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del salerillo, *Bactericera cockerelli* (Sulc)(Hemiptera: Triozidae) [online]. *Agrociencia*. 2008, 42(4), 463-471. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v42n4/v42n4a9.pdf> [viewed 10 March 2019].
- VEREIJSEN, J., Primer informe de ' *Candidatus Liberibacter solanacearum*' en cereza de Jerusalén ( *Solanum pseudocapsicum* ) y espina ( *Datura stramonium* ) en Nueva Zelanda [online]. *Nuevos informes de enfermedades*. 2015, 32: 1. Available from: <http://www.ndrs.org.uk/article.php?id=032001>. [viewed 10 March 2019].
- YÁÑEZ-JUÁREZ, M. G., *et al.* Phosphites as alternative for the management of phytopathological problems. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 2017, 36(1): 79-94. Available from: <http://dx.doi.org/10.18781/r.mex.fit.1710-7>. [viewed 10 March 2019].