

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Inoculación y Descripción de Síntomas de *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Lso) en *Physalis ixocarpa* Transmitido por *Bactericera cockerelli* (Šulc.).

Por:

PAOLA ELOISA OSORIO VILLA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila. México.

Noviembre 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Inoculación y Descripción de Síntomas de *Candidatus Liberibacter solanacearum*
(Lso) en *Physalis ixocarpa* transmitido por *Bactericera cockerelli* (Šulc.)

Por:

PAOLA ELOISA OSORIO VILLA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN PARASITOLOGÍA

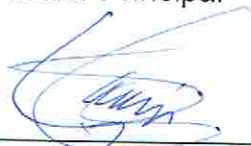
Aprobada por el Comité de Asesoría:



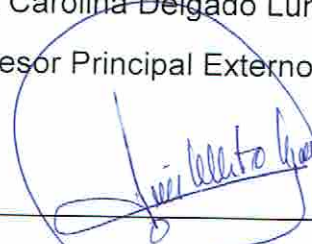
Dr. Sergio René Sánchez Peña
Asesor Principal



Dra. Carolina Delgado Luna
Asesor Principal Externo



Dr. Oswaldo García Martínez
Coasesor



Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre 2023

DECLARACION DE NO PLAGIO

El autor es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

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

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

Pasante:



Paola Eloisa Osorio Villa

AGRADECIMIENTOS

A mi **ALMA TERRA MATER** por albergarme dentro de su seno y brindarme todas y cada una de las herramientas necesarias para mi formación profesional y desempeñarme como tal.

Al Departamento de Parasitología por facilitarme los elementos imprescindibles en todo momento de mi preparación y a los profesores que me brindaron parte de su tiempo, amistad y lo más importante su conocimiento para ser una persona de provecho.

A mis asesores el **Dr. Sergio René Sánchez Peña** por su experiencia y tiempo dedicado a este proyecto y la **Dra. Carolina Delgado Luna** por su tiempo y gran apoyo en la realización de esta investigación.

DEDICATORIAS

A mis padres **José Luis Osorio López y María Azucena Villa Valenzuela** por su gran apoyo, sacrificio y esfuerzo que realizaron para concluir mis estudios, por la confianza que depositaron en mí. Que con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. Por darme lo mejor en la vida, educación, buenos principios y ser una persona de bien. Los quiero y aprecio muchísimo.

A mis abuelos **Gonzalo Villa Alvares (†) Y Dora Elia Valenzuela Galarza** les doy infinitas gracias por todo el amor y apoyo que me han brindado desde mi niñez. Dora Elia gracias ser parte de mi motivación y por todo el esfuerzo, apoyo, por tanto, cariño; porque gracias a eso e podio concluir mis estudios y por toda la confianza que en mi depositó, gracias por todos los bonitos momentos que he pasado con usted, sólo usted sabe cuánto la admiro y aprecio.

José Osorio María y Paula López les doy las gracias por sus consejos y el cariño que siempre me han demostrado.

A mis hermanas **Itzel Guadalupe y María José** mis fieles compañeras y amigas, confidentes le agradezco a la vida por brindarme unas maravillosas hermanas como ustedes, les doy las gracias a ustedes por ser parte de mi vida y por ser parte de mi motivación para poder lograr esta etapa importante en mi vida, gracias por todo el cariño y amistad que me han ofrecido.

A mis padrinos **Ismael Salas y Verónica Villa** les doy gracias por siempre apoyarme y brindarme su cariño, por cuidarme y estar al pendiente de mí como si fuera una hija más para ustedes. Muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Los quiero y aprecio mucho.

A mis tíos **Gonzalo Villa, y Ezequiel Osorio (†)** gracias por sus palabras de motivación y todo el apoyo que me brindaron. Gracias por ser parte de este logro. **Ezequiel Osorio** espero que, desde el cielo, este orgulloso de mi; le mando un fuerte abrazo y beso al cielo, gracias por ser parte de mi vida, por siempre demostrarme su cariño y con abrazo recordarme que podía salir adelante, hoy y siempre estará en mí. Los quiero mucho.

Jorge Osorio y su esposa Paola Robledo Gracias por brindarme su apoyo, cariño y amistad. Por darme consejos y guiarme de vez en cuando.

A mis primos **Ximena, Tania, Angie, Eliza, Ingrid, Nayeli, Justin, Emiliano, Aarón, Luis Felipe, Ezequiel, Jorgito** Gracias por su infinita amistad y por siempre contar con ustedes en los buenos y malos momentos de mi vida.

A mi pareja **Víctor De La Cruz Martínez** mi amado y fiel compañero de aventuras, amigo y novio te doy gracias por tu amistad y por tanto apoyo, confianza y cariño que me has brindado en todos estos años, por siempre impulsarme y recordarme que yo podía. Gracias por ser parte de mi vida y de este logro tan importante para mí.

A la familia **Valenzuela Galarza** gracias por siempre brindarme su cariño, apoyo y sus consejos. Estoy agradecida con la vida por haberme brindado una maravillosa familia.

INDICE GENERAL

RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación.	2
1.2 Objetivo General	2
1.3 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Hipótesis	3
3. REVISION	3
2.1. Tomatillo	3
2.1.1. Características generales	3
2.1.2. Distribución.....	4
2.1.3 Fisiología/ Ciclo Vegetativo.	4
2.1.4 Clasificación Taxonómica.....	5
2.1.5 Importancia.....	5
2.1.6 Enfermedades.	6
2.1.7 Plagas.....	9
2.2 <i>Bactericera cockerelli</i> (Šulc.,1909.) (Hemiptera: Psyllidae; Triozidae).....	10
2.2.1 Clasificación taxonómica	11
2.2.1 Huevo	12
2.2.2 Ninfa.	12
2.2.3 Adulto	12
4. MATERIALES Y METÓDOS	13
3.1 Planta de tomatillo (<i>Physalis ixocarpa</i>)	13

3.2 Insectos	14
3.4. Objetivo 1: Inoculación de plantas de <i>P. ixocarpa</i> con Lso transmitido por adultos de <i>B. cockerelli</i>	15
3.5. Objetivo 2: Descripción de síntomas asociados con Lso en plantas de <i>P.</i> <i>ixocarpa</i> expuestas a adultos de <i>B. cockerelli</i> infectados.....	16
3.5.1 Análisis Estadístico.....	17
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1. Objetivo 1: Inoculación de plantas de <i>P. ixocarpa</i> con Lso transmitido por adultos de <i>B. cockerelli</i>	17
5. CONCLUSIONES	23
6. LITERATURA CITADA.....	24

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Media \pm E.E. y comparación de altura, hojas, botones florales, flores y porcentaje de área clorótica en plantas con y sin Lso. Análisis: prueba t de Student.....	19
--	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Apariencia de plantas utilizadas en el experimento antes de ser infestadas con adultos de <i>B. cockerelli</i> infectados con Lso.....	14
Figura 2. a) Plantas de tomatillo con adultos machos de <i>B. cockerelli</i> confinados con ayuda de un recipiente de 1L sin fondo, cubierto con tela de organza (flechas amarillas), b) psílidos sobre planta de tomatillo en confinamiento (flechas rojas).....	15
Figura 3. Plantas no expuestas (a) y expuestas a adultos de <i>B. cockerelli</i> con Lso....	18
Figura 4. Altura, numero de hojas, botones y flores promedio por planta en plantas con (infectadas) y sin (control) Lso.....	19
Figura 5. Plantas de tomatillo no expuestas a adultos de <i>B. cockerelli</i> sin síntomas asociados con Lso.....	21
Figura 6. Plantas de tomatillo expuestas a machos adultos de <i>B. cockerelli</i> con síntomas asociados con Lso.....	22

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mantenimiento de experimento en laboratorio.....	29
Anexo 2. Separación de machos y confinamiento en planta de tomatillo.....	30
Anexo 3. Amarillamiento de hoja y enverdecimiento de nervaduras.....	31
Anexo 4. Hojas de tomatillo expuestas a adultos de <i>B. cockerelli</i> , con evidente acucharamiento, amarillamiento y nervaduras enverdecidas.....	32
Anexo 5. Toma de fotografías de hojas para análisis en programa ImageJ.....	33
Anexo 6. Fotografía con hojas y escala utilizada para analizar porcentaje de área clorótica en el programa ImageJ.....	34

RESUMEN

Bactericera cockerelli (Šulc.) es una plaga importante en solanáceas debido a que es vector del patógeno *Candidatus Liberibacter Solanacearum* (Lso) agente causal de la enfermedad zebra chip de la papa, permanente del tomate y variegado del chile. Esta bacteria también afecta al género *Physalis*, incluyendo al tomatillo o tomate de cascara (*Physalis ixocarpa*). Sin embargo, los efectos y daño sobre este cultivo no están bien definidos ni documentados. En algunos casos no se actúa a tiempo debido a que existe información limitada sobre *B. cockerelli* en *P. ixocarpa* y los síntomas producidos por este insecto y el patógeno transmitido Lso y suelen confundirse con trastornos fisiológicos como los síntomas de deficiencia y estrés hídrico entre otros. Por esta razón se llevó a cabo esta investigación, en la cual se escogieron 2 tratamientos en el cultivo de *P. ixocarpa*, plantas sin Lso y plantas con Lso. Se infestaron plantas de tomatillo con insectos macho, esperando que al menos 8 de estas resultaran positivas a Lso. Esperando también que en aproximadamente 20 días se comenzaran a reflejar algunos de los síntomas producidos por este patógeno. Se enviaron muestras de las plantas experimentales para detección molecular del patógeno Lso, al Laboratorio Temperate Tree Fruit and Vegetable Research, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), mediante PCR y secuenciación de marcadores moleculares. Al cabo de los periodos de tiempo mencionados, se observaron síntomas como clorosis intervenal y basal, acucharamiento/ enrollamiento de hojas, crecimiento lento, achaparramiento de la planta y aborto floral. Estos síntomas tuvieron consecuencias negativas en el desarrollo de las plantas. Los resultados demuestran que *P. ixocarpa* puede ser infectado por Lso en laboratorio; la planta es susceptible a Lso y exhibe síntomas de la infección. Es necesario investigar detalladamente el desarrollo y efecto de la infección por Lso en el desarrollo y producción de tomate de cáscara, *P. ixocarpa*.

Palabras clave: Tomatillo, *B. cockerelli*, Lso, Síntomas.

1. INTRODUCCIÓN

Bactericera cockerelli (Šulc) es la plaga más importante en cultivos de solanáceas, ocasiona el desorden fisiológico conocido comúnmente como amarillamiento del psílido y vector del patógeno *Liberibacter solanacearum* agente causal de las enfermedades zebra chip, permanente y variegado en cultivos de papa, tomate y chile respectivamente; Este insecto plaga se encuentra ampliamente distribuido en Estados Unidos, Canadá, México, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Ecuador, Nueva Zelanda, Islas Norfolk y Australia Occidental (Chávez *et al.*, 2021; Chandra Sarkar *et al.*, 2023). La enfermedad conocida como “permanente del tomate”, ocasiona grandes pérdidas mayores al 50% en tomate fresco para mercado (Munyaneza *et al.*, 2008; INTAGRI.2017). El cultivo de tomatillo (*Physalis ixocarpa*) es de gran importancia económica a nivel nacional, se cultiva en más de 27 de los 32 estados de la República Mexicana. Esta hortaliza generalmente se comercializa en fresco y se distribuye durante casi todo el año (López Cruz *et al.*, 2018). El tomatillo es uno de los productos más exportados a nivel mundial siendo los principales países a exportación Estados Unidos y países bajos, Alemania, Emiratos Árabes Unidos, Reino Unido y Japón (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017). Existe un importante número de limitantes en la producción de este cultivo, principalmente la poca disponibilidad de nutrientes, altas temperaturas, altos costos de producción y manejo deficiente del riego (R. López *et al.*, 2008). En la década de 2008 a 2017 se produjo un promedio 654 mil toneladas con un mínimo de 563 mil toneladas, en 2011 a un máximo de 773 mil toneladas en 2017. A pesar de que la superficie sembrada se redujo en un 8.5% de 2015-2017, hubo un incremento del 15% en rendimiento (16 a 18 ton/ha). En 2017 se sembraron 43,172 ha, bajo riego (79 % de la superficie cultivada) principalmente en Sinaloa (25%), Sonora, Puebla, Guanajuato, Michoacán y Zacatecas; el restante 21 % se cultivó bajo condiciones de temporal, principalmente en Jalisco, Morelos, México y Nayarit (Rodríguez-Guzman *et al.*, 2019). Actualmente existe información limitada sobre *B. cockerelli* en *P. ixocarpa* y síntomas ocasionados por Lso en este cultivo, por lo tanto, en la presente investigación se da a conocer información sobre los daños por *B. cockerelli* y síntomas ocasionados por Lso.

1.1 Justificación.

El cultivo de tomatillo *Physalis ixocarpa* es atacado por *B. cockerelli* y afectado por Lso, sin embargo, la información disponible sobre los daños en la planta y las pérdidas ocasionada por *C. liberibacter solanacearum* es escasa. Este patógeno llega a afectar la calidad y el valor comercial del tomatillo debido a que ocasiona una deformación en el fruto y abortos florales bajando la productividad; en el cultivo de tomate llega a ocasionar un 45% de pérdidas, en el de papa puede llegar hasta un 90% o la pérdida total (Chávez *et al.*, 2021; Melgoza- Villagómez *et al.*, 2018). Debido a lo anterior en el presente trabajo se busca determinar si *B. cockerelli* es capaz de transmitir Lso a plantas de *P. ixocarpa* y describir síntomas asociados con Lso. Por lo tanto, en este presente trabajo se pretende proporcionar información sobre los daños y síntomas ocasionadas por *Bactericera cockerelli* y Lso.

1.2 Objetivo General

Inocular con *Liberibacter solanacearum* (Lso) plantas de *Physalis ixocarpa* y describir síntomas asociados con este patógeno transmitido por *Bactericera cockerelli* (Šulc.).

1.3 Objetivos Específicos.

1. Infestar plantas de *P. ixocarpa* con adultos de *B. cockerelli* para inoculación con Lso.
2. Descripción de síntomas asociados con Lso en plantas de *P. ixocarpa* expuestas a adultos de *B. cockerelli* infectados y diferencias morfológicas.

1.4 Hipótesis

El 100% de plantas de *P. ixocarpa* expuestas a adultos de *B. cockerelli* infectados con Lso, serán positivas y presentarán síntomas asociados a este patógeno.

3. REVISION DE LITERATURA

2.1. Tomatillo

Physalis ixocarpa es una especie originaria de México, perteneciente a la familia de las “Solanáceas”. Comúnmente conocido como tomate verde, tomatillo, tomate de cascara, tomate de milpa o miltomatl de origen náhuatl (Gobierno de México, s.f.). esta especie de planta es originaria de Mesoamérica, su nombre original en náhuatl es “tomatl” que significa agua gorda y paso al español como tomate. Originalmente en la época prehispánica, el nombre tomate se refería únicamente al tomatillo o tomate de cascara (López-Cruz *et al*, 2018).

2.1.1. Características generales

Physalis ixocarpa es una la planta herbácea anual, con flores solitarias, hermafroditas de color amarillo, pediceladas, comúnmente fasciculadas y en falsos racimos; Con poca frecuencia las corolas son tubulares expandidas y acampanadas de color amarillo verdoso y presenta cinco manchas contrastadas en la parte superior tubular de la flor cuenta con 5 estambres que muestran deshiscencia longitudinal de tonalidad azul-purpura o azul-verdosas, el cáliz también llamado envoltura papirácea que llega a cubrir por completo la baya en la etapa de fructificación de color verde, hojas glabras (sin tricomas). Tallos estriados con ramificación dicotómica, hojas con forma ovalada

y margen entero, aserrado o dentado. Fruto esférico de tamaño mediano con tonalidad verde- violeta que está cubierto en su totalidad por una envoltura papirácea. El fruto o baya de forma esférica con tres cm de diámetro y de textura lisa (Reveles-Torres *et al.*, 2018.; Santiaguillo-Hernandez *et al.*, 2010.; SIAP, 2023).

Rzedowski y Rzedowski, 2001. Describe a *P. ixocarpa* como una planta herbácea erecta y ramificada, con una altura desde 15 a 60 cm de alto; hojas ovaladas con ápice agudo ligeramente acuminado, márgenes toscos e irregulares, dentados con 2 a 5 dientes. las flores presentan pedúnculos de 0.7 a 1 cm de largo; cáliz de forma ovada, corola de color amarilla que pueden presentar manchas de color azul-verdoso e incluso color morado. Los frutos grandes, con tres lóculos, amarillos y de firmeza media, semillas medianas de color amarillo pardo (José & Aureliano, 2015).

2.1.2. Distribución

A nivel mundial *P. ixocarpa* se encuentra en España, China, Francia, Bélgica, Canadá, Países Bajos los cuales son los principales productores de hortalizas que contribuyen alrededor de un 70% de la producción mundial. En México se encuentran presente en los estados de Baja California Norte, Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas y Veracruz (Villaseñor R., 1998; Hernández-Dezha, 2013).

2.1.3 Fisiología/ Ciclo Vegetativo.

Este cultivo se establece por trasplante de enero a abril en condiciones de riego y en junio si es de temporal. Presenta ciclo vegetativo de entre 70 a 110 días desde su germinación hasta la cosecha. Durante los primeros 24 días aproximadamente el

cultivo presenta un crecimiento lento (1cm por día) posteriormente el crecimiento se acelera y se estabiliza a los 70 días (Moncayo-Cristhian, 2020).

2.1.4 Clasificación Taxonómica.

Brot. ex Hornem (1819) ubican taxonómicamente a *P. ixocarpa* de la siguiente manera.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta.

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae.

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Physaleae

Subtribu: Physalidinae

Género: Physalis.

Especie: Physalis Ixocarpa. (Suppl, 1819).

2.1.5 Importancia.

En México el cultivo de tomatillo ocupa el quinto lugar en cuanto a superficie sembrada con producción anual de 700 mil toneladas, a nivel nacional, lo cual ha posicionado a México en el noveno lugar como productor y en el tercero como exportador (SAGARPA). La producción de tomatillo en nuestro país sigue en aumento en el 2017 se cosecharon 771.2 mil toneladas; 10.5% más que en 2016. En marzo del 2018 se tuvo una producción de 771 mil 272 toneladas las cosechas fueron principalmente en los estados de Sinaloa con un 19.5% del volumen total nacional, Zacatecas con 11.6% y Jalisco con un 10.8% (SIAP, 2018).

2.1.6 Enfermedades.

En el cultivo de *P. Ixocarpa* se presenta varias enfermedades Fitopatógenas, entre las que destacan:

2.1.6.1 Cenicilla (*Oidium* sp.).

Este patógeno ocasiona la enfermedad conocida comúnmente como cenicilla o mildiu polvoriento afecta en la etapa de fructificación de la semana 12 hasta la semana 20 aproximadamente. Esta enfermedad llega a disminuir el rendimiento y calidad de la cosecha hasta un 50%. Los signos y síntomas son manchas cloróticas en hojas, tallos y peciolo cuando la infección es severa se convierte en necrosis y causa defoliación, se puede observar una capa polvorienta de color blanco harinoso que llega a cubrir por completo la superficie de la planta. Ocasionando que se detenga el desarrollo del fruto, por lo que son de menor tamaño; La enfermedad se desarrolla a una temperatura promedio de 20-30°C, con una humedad relativa de aproximadamente de un 50-80%. Se dispersa de plantas mediante el aire y puede atacar a especies de plantas de la familia cucurbitácea como calabazas, pepino, sandía y melón. Esta ampliamente distribuida por todo el mundo ya que se puede desarrollar tanto en clima seco como húmedo (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2008). Los fungicidas tebuconazole, trifloxystrobin, clorotalonil y benomilo + mancozceb han demostrado tener excelente control contra la mancha foliar y cenicilla polvorienta del tomatillo en campo (Félix Gastélum *et al.*, 2006).

2.1.6.2 Mancha de la hoja (*Cercospora physalidis*).

Se presenta en etapa de fructificación y causa una fuerte defoliación y manchado de frutos cuando el ambiente es favorable ocasiona pérdidas de hasta un 20-30%. La aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados favorece el desarrollo para la enfermedad; Se disemina por labores de cultivo, corrientes de aire e incluso lluvia. Los signos y síntomas se ven reflejados en hojas y cubierta o cascara del fruto, como manchas color café claro o café canela que posteriormente se tornan de color grisáceo con un halo amarillo de forma ovoide y de aproximadamente 0.5-1.5 cm de diámetro, con anillos concéntricos y se puede observar vellosidad de coloración gris y puede causar defoliación. La enfermedad se desarrolla a una temperatura de 18-30°C y humedad relativa de 80-90%. El hongo sobrevive fácilmente sobre residuos de plantas infectadas, este hongo puede entrar en un estado de hibernación hasta que se presentan las condiciones óptimas para infectar nuevas plantas (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2008). Los fungicidas como tebuconazole, trifloxystrobin, clorotalonil y benomilo + mancozeb han demostrado un excelente control contra la mancha foliar y la cenicilla polvorienta del tomatillo en campo (Félix-Gastélum *et al.*, 2006).

2.1.6.3 Carbón blanco (*Entyloma australe* sp.)

La enfermedad es conocida comúnmente como carbón blanco se presenta en la etapa de fructificación, dañando principalmente las hojas y la envoltura que cubre el fruto, esta enfermedad es esporádica pero devastadora ocasionando grandes pérdidas que llegan a superar el 50% en rendimiento cuando se presentan abundantes lluvias invernales. En plantas afectadas por este patógeno se pueden observar lesiones en las hojas como manchas blanquecinas y en el centro pequeñas lesiones viejas de tonalidad café y en el haz de la hoja se forman pequeñas ampollas, en el envés de las ampollas se pueden observar con una vellosidad fina de color blanco cremoso. Este patógeno se disemina por medio del aire o con el salpique de la lluvia, necesita temperaturas de 15-20°C y humedad relativa de 80-100% para su desarrollo. Las

lluvias, neblina, exceso de fertilización nitrogenada, riego constante y demás factores que propicien la acumulación de humedad favorece las condiciones para el desarrollo del patógeno, además puede sobrevivir en malezas o residuos de cosecha (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2008). El propiconazol presenta mayor control para carbón blanco en cultivos con acolchado (Moncayo-Cristhyan, 2015).

2.1.6.4 Pudrición del tallo (*Cercospora sp.*).

Enfermedad conocida comúnmente como pudrición del tallo se presenta cuando la planta entra en floración-fructificación y llega a afectar la producción hasta en un 30-50%. En el 2005 fue detectada en Higuera de Zaragoza y en el Valle del Carrizo en el estado de Sinaloa (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2008). Este patógeno está asociado a los daños ocasionados por el insecto barrenador (*Melanagromyza tomatrae Steyskal*); en tallos de plantas afectadas por el patógeno se pueden observar lesiones largas que miden aproximadamente 5-20 cm de longitud de tonalidad café oscuro que con el paso del tiempo se produce una pudrición total de la base del tallo ocasionando defoliación, maduración prematura del fruto y que las plantas se decaigan, cuando hay un exceso de humedad se puede observar vellosidad en las lesiones de color gris (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2008). Los fungicidas como tebuconazole, trifloxystrobin, clorotalonil y benomilo + mancozeb han demostrado tener un excelente control contra la mancha foliar (Félix-Gastélum *et al.*, 2006).

2.1.6.5 Marchitez vascular (*Fusarium oxysporum f.licopersici*).

Enfermedad conocida comúnmente como Marchitez vascular o amarillo se presenta en cualquier etapa fenológica del cultivo, no solo ataca al tomatillo o tomate también ataca otras especies silvestres de estos cultivos asimismo otras subespecies del patógeno infectan a otros cultivos. Es una de las enfermedades más prevalentes de

solanáceas y llega a ocasionar pérdidas de hasta un 50% en el cultivo de tomatillo; se encuentra extensamente distribuida por todo el mundo. Los climas cálidos y suelos arenosos son factores propicios para que el hongo se desarrolle. Y se refleja principalmente sobre el follaje, produce clorosis en hojas jóvenes que posteriormente se convierte en marchitamiento, ocasiona achaparramiento, pudrición en raíz y tallos provocando la muerte de la planta (De La Garza-Gonzales, 1996; Agrios, 2002 y 2006). Los fungicidas como procloraz, propiconazol, tiabendazol, carbendazim, benomilo, tiofanato, difenoconazol, tebuconazol, epoxiconazol han demostrado un buen control para marchitez vascular, la aplicación de *Trichoderma koningi* o *Pseudomonas fluorescens* en el suelo cuando las plántulas tienen de 30-45 días han demostrado tener buen efecto (Arturo & Karla, 2017).

2.1.7 Plagas

El cultivo de tomatillo presenta varias plagas insectiles, entre las que destacan principalmente:

2.1.7.1 Arrocillo del tomate *Melanagromyza tomaterae* Steyskal, (Díptera: Agromezyidae).

Conocido comúnmente como arrocillo del tomate, se presenta desde las primeras etapas del cultivo, comienza infestando a nivel cuello de la planta y al transcurso del tiempo se logra ver tanto en el cuello, tallos y ramas de la planta, existe una correlación entre este insecto plaga y el hongo *Fusarium* sp. debido que a las heridas hechas por el arrocillo beneficia la infección de *Fusarium* sp. (Morales-Galvan *et al.*, 2002). La aplicación preventiva en plántulas con la siguiente mezcla de parathion 400g/Ha, dipterex 125g/ha y azúcar 500 g/Ha demuestran un buen control (Bustillos).

2.1.7.2 Picudo *Trichobaris championi* Barber (Coleoptera: Curculionidae).

Conocido como picudo del tabaco puede llegar a ser muy perjudicial cuando su población es alta ocasionando pérdidas de hasta un 60%. La larva al alimentarse ocasiona daños en el tallo provocando marchitez y muerte de la planta (Peña-Quiroz, 1998). El hongo *Beauveria bassiana* causa mortalidad sobre varias especies de coleópteros e incluido el picudo del tabaco, también se ha demostrado buena efectividad de control con aplicaciones de carbofuran y acefato a los 10-45 días del trasplante (YEPES, 1997).

2.1.7.3 *Diabrotica undecimpunctata*, Mannerheim, 1843. (Coleoptera: Chrysomelidae)

Diabrotica o tortuguilla del esparrago, afecta cultivos como tomate, papa, berenjena y col. Los daños en el cultivo son ocasionados en los estadios larvario y adulto. Las larvas al alimentarse dañan el sistema radical de la planta y el adulto afecta el follaje (SENASICA, 2016). Para el control de larvas y adultos se puede utilizar clorpirifos etil 0.5-0.75 L/ha y deltametrina 0.2-0.3 L/Ha, la infección por el hongo *Beauveria bassiana* tiene un efecto de control sobre adultos; los insectos parasitoides como *Celatoria diabroticae* y chinches de la familia Reduviidae atacan este insecto (Tyler, 2016).

2.2 *Bactericera cockerelli* (Šulc.,1909.) (Hemiptera: Psyllidae; Triozidae)

Conocido como paratrioza, salerillo o pulga saltona es un pequeño insecto que se alimenta de varias hortalizas de la familia Solanácea. Este insecto es originario del Estado de Colorado (USA) y fue descubierto por el investigador Cockerelli, se designó

científicamente *Triozia cockerelli*, no obstante, más tarde se le denominó como *Bactericera cockerelli* (MAG, 2017). Se encuentra distribuido ampliamente en el país desde Zona Sur y Zona Oeste de Estados Unidos, Canadá México, Guatemala, Honduras y Nicaragua (EPPO, 2023). En México se encuentra distribuido en los estados de Coahuila, Sinaloa, Nayarit, Puebla, Guanajuato, San Luis Potosí, Morelos, Estado de México, Durango, Michoacán y Baja California (Vega–Gutiérrez *et al.*, 2008).

El ciclo de vida de este psilido se completa de entre 25 a 35 días, las condiciones óptimas de desarrollo son con una temperatura de 26-27 °C, temperaturas mayores a 32°C pueden causar mortalidad, humedad relativa 60-70%. Una hembra en solo 19-21 días puede llegar a ovopositar hasta 500 huevos, suelen colocarlos en el margen o en el envés de la hoja (Abdullah, 2008; Garzón–Tiznado *et al.*, 2009).

2.2.1 Clasificación taxonómica

Borrór *et al.* (1998) ubican taxonómicamente a *B. cockerelli* de la siguiente manera.

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Superfamilia: Psylloidea

Familia: Triozidae

Género: *Bactericera*

Especie: *B. cockerelli*

(Šulc, 1909)

2.2.1 Huevo

Son depositados a lo largo de los bordes de las hojas; con forma oblonga y de tonalidad amarillo, conforme se va desarrollando comienza a agarrar un color naranja. Su corion es brillante y en la parte externa tienen un filamento la cual su función es la adherencia a la superficie de la hoja (Marin-Jarillo et al., 1995; Potatoes New Zealand, 2020).

2.2.2 Ninfa.

Presenta 5 estadios ninfales, en el proceso de crecimiento se van alimentándose del envés de las hojas, excretan una sustancia granular parecida a la azúcar llamada psilido. De tonalidad amarilla-naranjada, con forma oval y aplanadas dorsalmente, las extremidades están fusionadas, antenas cortas y poco apreciables, las patas segmentadas y muy bien desarrolladas para el segundo estadio ya presenta ojos de tonalidad rojiza, con cílopeo, labio y estilete diferenciados; continúa siendo aplanada y extremidades unidas, las antenas placoides y abdomen segmentado que es poco apreciable. Tercer estadio es completamente parecido en forma y divisiones, en el abdomen ya se presenta los primeros 4 pares de espiráculos y poros anales y el ano. En el cuarto estadio antenas segmentadas en forma de seta, ojos definidos, las regiones de tórax y abdomen ya se puede notar. En este último estadio las regiones de cabeza, tórax y abdomen muy evidentes y notorias, patas bien definidas con un solo tarso y un par de uñas (Marín-Jarillo *et al*, 1995; Potatoes New Zealand, 2020).

2.2.3 Adulto

De tonalidad verde amarillo cuando están recién emergidos que después de tornan a un color ámbar a café oscuro y negro. Las alas pasan de estar blancas a ser transparentes con antenas filiformes, mide hasta 3mm de largo, con apariencia similar

a cigarras diminutas. Las hembras presentan un abdomen con 5 segmentos más el segmento genital, en la parte media dorsal presenta una mancha de color blanco en forma de “Y” invertida, el macho tiene 6 segmentos en el abdomen más el segmento genital. Al observarlo en forma dorsal se puede ver los genitales con forma de pinzas (Marin-Jarillo *et al.*, 1995; Potatoes New Zealand, 2020).

4. MATERIALES Y METÓDOS

3.1 Planta de tomatillo (*Physalis ixocarpa*)

Las plantas de tomatillo utilizadas en el experimento se obtuvieron a partir de semilla de *Physalis ixocarpa* obtenidas de frutos frescos. No se utilizó semilla comercial debido a que casi siempre está tratada con insecticidas y fungicidas. La semilla se sembró con sustrato peat moss de la marca comercial Premier Tourbe®, en recipientes de 1L de la marca REYMA®; se regaron cada tercer día, y se mantuvieron en cámara bioclimática con fotoperiodo 12:12h (luz-oscuridad), temperatura promedio de 21.8 C° y humedad relativa promedio de 63%. Cuando las plantas alcanzaron la altura promedio de 7.46 cm fueron utilizadas para el experimento



Figura 1. Plantas de *P. ixocarpa* utilizadas en el experimento antes de ser infestadas con adultos de *B. cockerelli* infectados con Lso.

3.2 Insectos

Los adultos de *B. cockerelli* utilizados para los experimentos fueron tomados de una colonia establecida en el Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en plantas de tomate y chile. Para determinar que los insectos de esta colonia estaban infectados con *Liberibacter solanacearum* (Lso), se tomaron 16 adultos al azar y muestras de tres diferentes plantas de la colonia para análisis de PCR y determinar presencia o ausencia de Lso en el Laboratorio Temperate Tree Fruit And Vegetable Research, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), Wapato, Washington. Se confirmó que al menos 90% de los insectos adultos eran positivos a Lso.

3.4. Objetivo 1: Inoculación de plantas de *P. ixocarpa* con Lso transmitido por adultos de *B. cockerelli*.

Se establecieron dos tratamientos, 1) plantas de *P. ixocarpa* libre de Lso y 2) plantas de *P. ixocarpa* infectadas con Lso), en cada tratamiento se colocaron 20 repeticiones (20 plantas). Se registró altura y número de hojas por planta al inicio del experimento, posteriormente se confinaron por planta 10 adultos machos de *B. cockerelli* de la colonia positiva a Lso (infección previamente detectada por secuenciación en el USDA) en 20 plantas para infectarlas. Un día antes de infectar las plantas se tomaron fondos de cajas Petri y se llenaron a la mitad de agua y se colocaron en el congelador. El frío reduce la movilidad de los psílidos; por tanto estas cajas fueron utilizadas para inmovilizar a los insectos y poder separar hembras y machos. En este experimento se utilizaron únicamente machos para evitar la presencia de huevos y posteriormente ninfas. Para evitar que escaparan se confinaron con ayuda de un recipiente de 1L (Fig. 6a) sin fondo y en su lugar se colocó tela de organza, finalmente se unieron a los recipientes con planta con plástico Parafilm. Los psílidos se retiraron al acabo de cinco días, esperando que durante este periodo se hubieran alimentado de la planta, transmitiendo la bacteria.



Figura 2. a) Plantas de *P. ixocarpa* con adultos machos de *B. cockerelli* confinados con un recipiente de 1L sin fondo, cubierto con tela de organza (flechas amarillas), b) psílidos sobre planta de *P. ixocarpa* en confinamiento (flechas rojas).

Las plantas se incubaron durante tres meses en condiciones de laboratorio, posteriormente se tomó de uno a dos centímetros de tallo-raíz de cada planta y se colocaron individualmente en tubo Eppendorf con alcohol absoluto. Las muestras se etiquetaron con fecha, tratamiento y número de repetición, y fueron analizadas en el mencionado Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para determinar mediante análisis de PCR la presencia de Lso, siguiendo la metodología de Reyes-Corral *et al.* 2021:

Se purificó el ADN de cada muestra de psílido y hoja utilizando un método de precipitación con bromuro de cetiltrimetilamonio y se resuspendió en 50 y 100 µl de agua libre de nucleasas respectivamente. Se efectuó PCR convencional utilizando primers para el gen de ARN ribosómico 16S de *Ca. L. solanacearum* (primers OA2 Y OI2c) se utilizó para confirmar la presencia o ausencia de la bacteria. Las condiciones de la PCR incluyeron un paso de desnaturalización inicial de 94 °C durante 2 minutos; seguido por 35 ciclos de 94 °C por 30s, 65 °C por 30s y 72 °C por 60s; con una extensión final a 72 °C durante 5 min. Cada reacción de 20 µl contenía mezcla maestra de PCR amplitag Gold 360 (Invitrogen, Carlsbad, CA, EE.UU.), 5 µm de cada cebador y plantilla de ADN (10 a 20 ng/ml para muestras de insectos y de 50 a 150 ng/ml para muestras de plantas). Las muestras fueron sometidas a electroforesis utilizando un gel de agarosa al 1.5% y 5 µl de producto de amplificación para detección de Lso.

3.5. Objetivo 2: Descripción de síntomas asociados con Lso en plantas de *P. ixocarpa* expuestas a adultos de *B. cockerelli* infectados y diferencias morfológicas.

Después de tres meses de haber expuesto las plantas de *P. ixocarpa* a adultos de *B. cockerelli* infectados con Lso, se registraron los siguientes parámetros:

Altura, número de hojas, botones florales y flores. De cada planta se tomaron tres hojas y se les tomó foto para ser analizadas con el programa ImageJ (Wayne Rasband NIH) y medir porcentaje de área clorótica.

3.5.1 Análisis Estadístico

Los datos obtenidos de altura, porcentaje de área clorótica, número de hojas, botones florales y flores, fueron sometidos a un análisis de normalidad y homogeneidad (Shapiro-Wilks y Bartlett). Al no cumplirse el requisito, los datos de altura, número de hojas, botones florales y flores, se transformaron para su normalización con el procedimiento de raíz cuadrada, mientras que los datos de porcentaje de área clorótica fueron transformados con el procedimiento de arcoseno. Los datos transformados fueron sometidos a un análisis de t de Student y una comparación de medias con la prueba de HSD de Tukey con un nivel de significancia de 0.05 en el paquete estadístico InfoStat. Las estadísticas que se presentan en las tablas y gráficas se refieren a los datos no transformados.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Objetivo 1: Inoculación de plantas de *P. ixocarpa* con Lso transmitido por adultos de *B. cockerelli*.

Se determinó que el 100% de adultos de *B. cockerelli* (16 individuos) y 100% de plantas (9 plantas), tomados de la colonia y analizados por PCR fue positivo a Lso. El 100% de plantas (nueve plantas) expuestas a adultos de *B. cockerelli* con Lso fueron positivas a Lso, mientras que el 100% de plantas (nueve plantas) que no fueron expuestas a adultos de *B. cockerelli* con Lso dieron negativo a Lso. Esto confirma que los síntomas asociados con Lso y observados en plantas de tomatillo fueron ocasionados por Lso. Reyes-Corra *et al.* (2021) confirmaron mediante PCR la presencia de Lso en plantas de tomatillo *P. ixocarpa* de una parcela experimental en campo; dichas plantas mostraban síntomas similares a los observados en nuestros experimentos. Lso también ha sido detectado en especies silvestres de *Physalis*; Reyes-Corral *et al.* (2021) detectaron Lso en otra especie de *Physalis*, *Physalis*

longifolia, en Estados Unidos; además mencionan que esta especie presenta síntomas asociados con este patógeno, mientras que Delgado-Luna *et al.* (2023) lo detectaron en *Physalis virginiana* y en adultos de *B. cockerelli* colectados sobre esta especie.

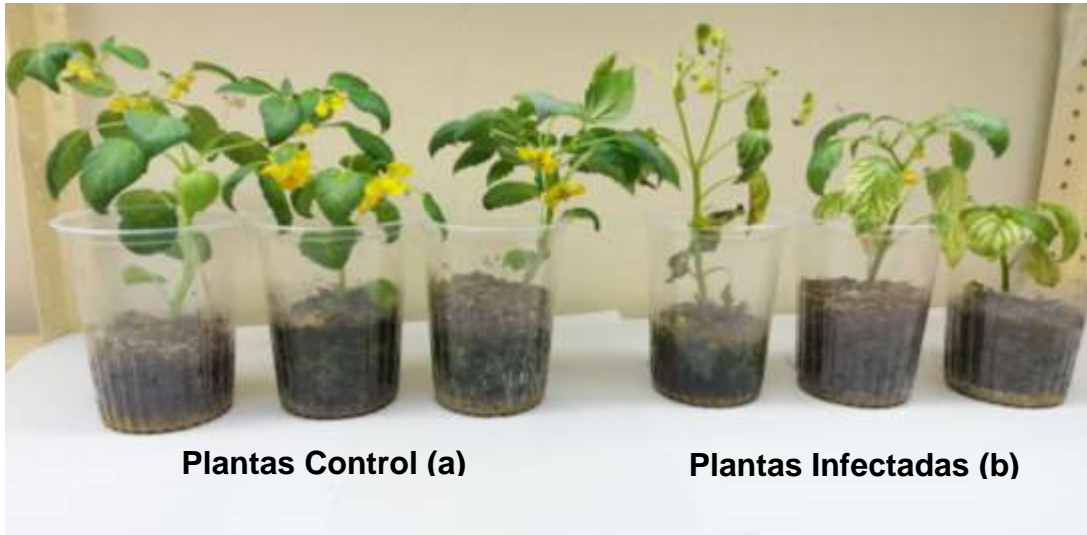


Figura 3. Plantas no expuestas (a) y expuestas a adultos de *B. cockerelli* con Lso.

4.2. Objetivo 2: Descripción de síntomas asociados con Lso en plantas de *P. ixocarpa* expuestas a adultos de *B. cockerelli* infectados y diferencias morfológicas.

Las plantas que no fueron expuestas a adultos de *B. cockerelli* no presentaron síntomas asociados con Lso (Fig. 5), mientras que plantas expuestas a adultos de *B. cockerelli* presentaron síntomas asociados con Lso (Fig. 6). Se observó diferencia estadística significativa entre los tratamientos en altura ($p = 0.0101$), número de flores ($p = 0.0538$) y porcentaje de área clorótica ($p = 0.007$) (Tabla 1; Fig.4). No se observaron diferencias significativas en los demás parámetros. Los síntomas observados fueron; clorosis, enverdecimiento de nervaduras, necrosis foliar, alargamiento de entrenudos, aborto de botones florales y flores (Fig. 6).

Cuadro 1. Media \pm E.E. y comparación de altura, hojas, botones florales, flores y porcentaje de área clorótica en plantas con y sin Lso. Análisis: prueba t de Student.

Variable	Control Media \pm E.E.	Infectadas Media \pm E.E.	p-valor
Altura (cm)	17 \pm 1.01	10.22 \pm 2.09	0.0101
Hojas	24.55 \pm 1.93	16.66 \pm 3.73	0.0789
Botones Florales	5.55 \pm 1.68	5.55 \pm 1.41	>0.9999
Flores	3.55 \pm 0.68	1.55 \pm 0.66	0.0538
Porcentaje de área clorótica	1.64 \pm 0.050	40.11 \pm 0.125	0.007

*E.E. = Error estándar.

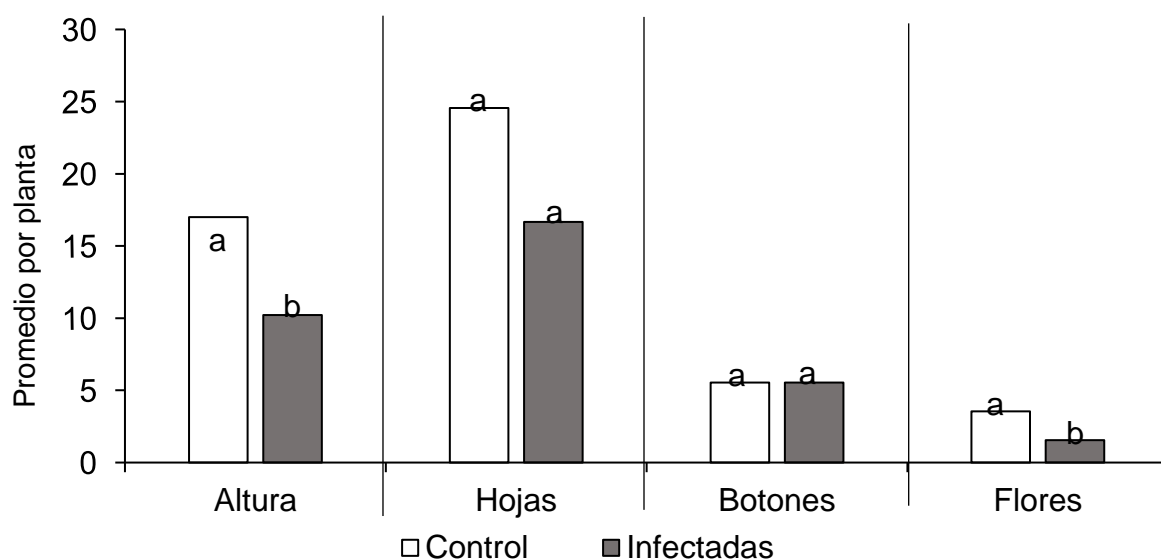


Figura 4. Altura, número de hojas, botones y flores promedio por planta en plantas con (infectadas) y sin (control) Lso. Medias con letras iguales no son diferentes significativamente ($p < 0.05$).

Los síntomas observados en plantas de tomatillo inoculadas con Lso, fueron notoriamente similares a los reportados en otros cultivos de solanáceas (papa, tomate y chile); acucharamiento de hojas, amarillamiento, clorosis de hojas y enverdecimiento de nervaduras, necrosis, alargamiento de entrenudos, aborto de botones florales y flores y achaparramiento de la planta (Melgoza-Villagómez *et al.*, 2018). El primer síntoma observado fue el amarillamiento foliar, seguido del oscurecimiento de nervaduras, Reyes-Corral *et al.* (2021) reportaron plantas de tomatillo en campo con amarillamiento severo, hojas acucharadas, oscurecimiento de nervaduras y muerte progresiva en el 90% de las plantas. Nuestras observaciones indican que el cultivo de tomatillo es atacado por *B. cockerelli*, infectado por Lso y además que las plantas expresan síntomas asociados con Lso. Cabe mencionar que en otros cultivos existen reportes de síntomas asociados al insecto por sí sólo, por lo que estudios posteriores deben considerar incluir insectos sin Lso (no portadores de la bacteria). Sin embargo, se debe considerar que en la región de estudio (noreste de México) la mayoría de las poblaciones del insecto presentan algún porcentaje de infección por Lso, y este porcentaje se amplifica en colonias en cautiverio, lo cual dificulta la obtención de insectos libres de Lso.

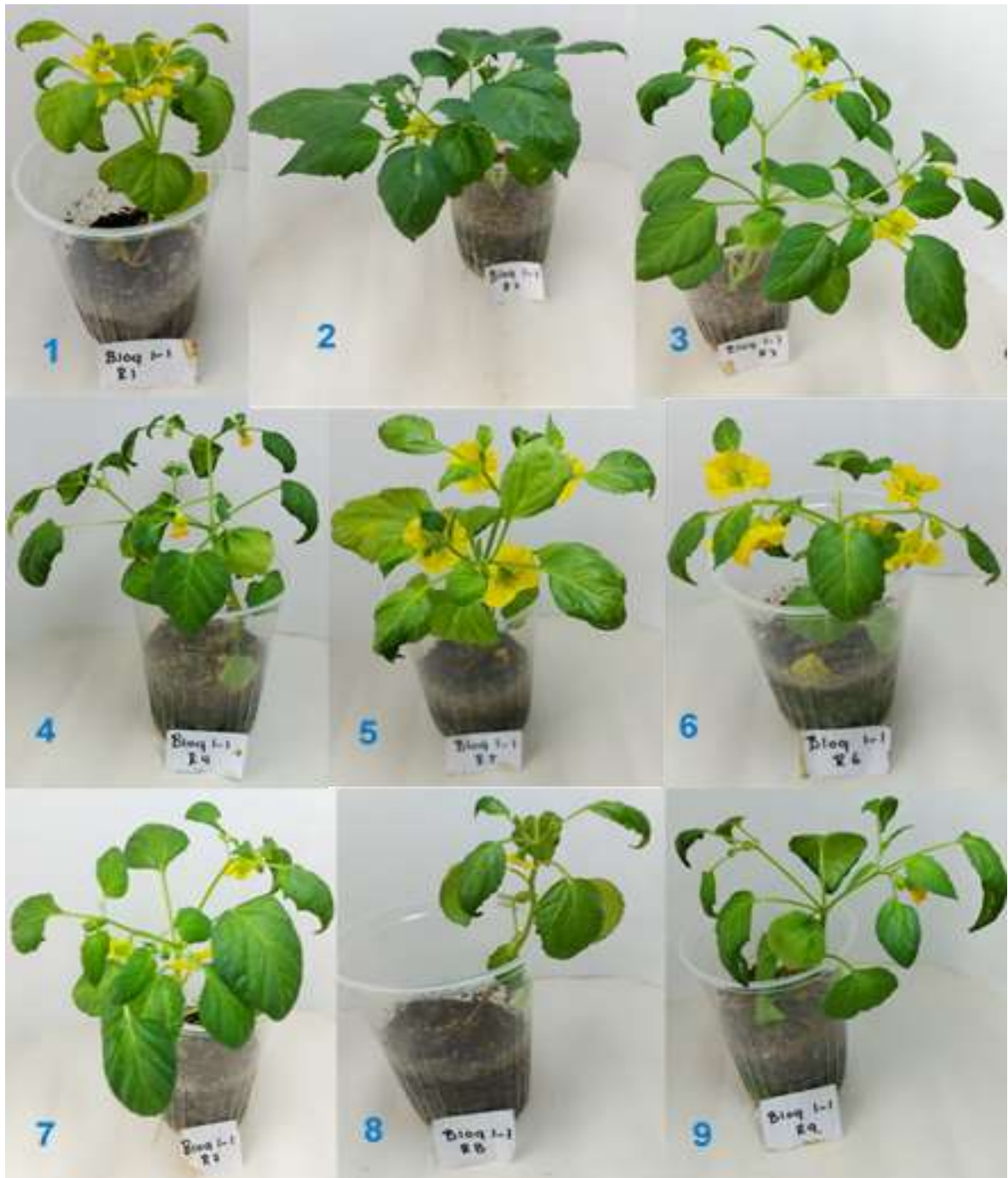


Figura 5. Plantas de *P. ixocarpa* no expuestas a machos adultos de *B. cockerelli* sin síntomas asociados con Lso. Se observan ausencia de clorosis, hojas normales, presencia de flores normales.

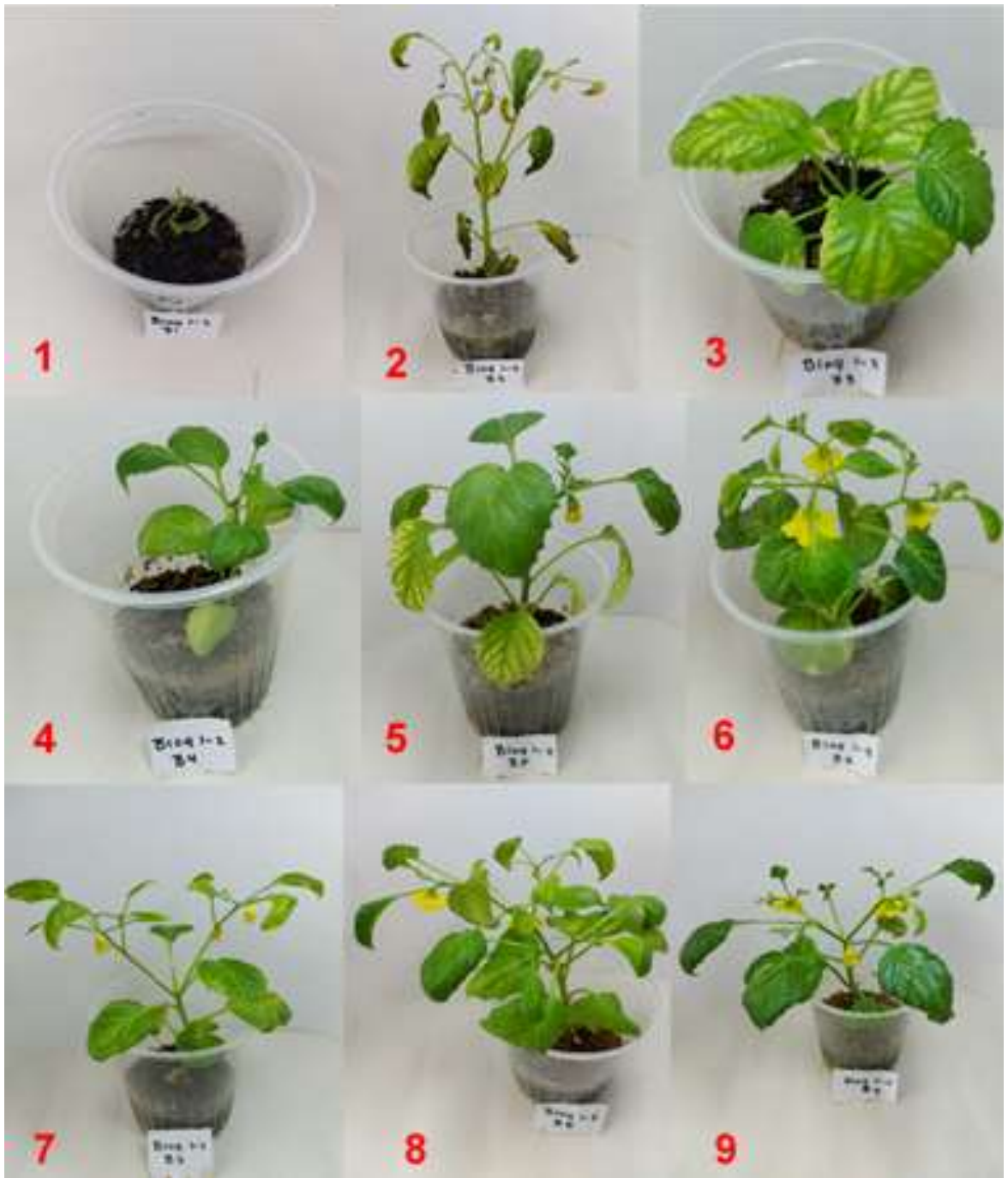


Figura 6. Plantas de *P. ixocarpa* expuestas a machos adultos de *B. cockerelli* con síntomas asociados con Lso. Se observan clorosis, enverdecimiento de nervaduras, hojas deformes, acucharadas.

5. CONCLUSIONES

Se confirmó que el tomatillo comercial, al igual que otras especies de solanáceas son vulnerables al insecto *B. cockerelli*, lo que los hace susceptibles a infecciones por *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Lso). Está registrado que este patógeno puede ocasionar pérdidas del más del 60% en otros cultivos de solanáceas como lo son tomate, chile y papa. Los síntomas presentados y observados en *P. ixocarpa* son similares a los observados en otras especies de malezas y sobre todo en especies cultivadas de solanáceas como las mencionadas. Algunos de los síntomas similares a los observados en *P. ixocarpa* son la clorosis intervenal y basal, así mismo el acucharamiento de las hojas.

Los resultados de este estudio confirmaron que adultos de *Bactericera cockerelli* pueden transmitir e infectar plantas de *Physalis ixocarpa* con la bacteria Lso.

Los síntomas presentados en *P. ixocarpa* que están asociados a Lso impactan fuertemente en el desarrollo de las plantas. Se deben tomar acciones preventivas para combatir el insecto plaga y el patógeno y de esta manera disminuir el impacto negativo sobre el rendimiento del tomatillo y por su parte sea más costeaable la producción. Sin embargo la protección de cultivos contra este insecto es un tema complejo, y el insecto y su bacteria asociada continúan causando fuertes pérdidas en la agricultura nacional.

Estos resultados justifican estudios más extensos sobre nivel de daño y pérdidas ocasionadas por *B. cockerelli* y Lso en este cultivo.

6. LITERATURA CITADA

- Abdullah, N. (2008). Life history of the potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) in controlled environment agriculture in Arizona. African Journal of Agricultural Research, Vol.3(1), 060-067. <https://doi.org/10.5897/AJAR.9000464>
- Almeyda León, I.H., Sánchez-Salas, J. A., y Garzón-Tiznado, J. A. (2008). Vectores causantes de punta morada de la papa en Coahuila Y Nuevo León, México. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, 141-150.
- Apodaca-Sánchez, M.A., Barreras-Soto, M.A., Cortes-Mondaca, E., y Quintero-Benítez, J.A. (2008). Enfermedades del tomate de cascara en Sinaloa. Folleto Técnico no.31.
- Bustillos, A.E. (2013). Las plagas del tomate y su control. Consulta: 08 octubre 2023. Disponible en:
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/21223/22696_3641.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Agricultura Y Desarrollo Rural, S. (s. f.). Crecen exportaciones internacionales de tomate verde “Hecho en México”. Consulta: 23 septiembre 2023. Disponible en:
<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecen-exportaciones-internacionales-de-tomate-verde-hecho-en-mexico>
- Información Agroalimentaria y Pesquera, S. (s.f.). Tomate verde: ingrediente esencial de la comida mexicana. Consulta 06 octubre 2023. Disponible en:
<https://www.gob.mx/siap/articulos/tomate-verde-ingrediente-esencial-de-la-comida-mexicana?idiom=es>
- Información Agroalimentaria y Pesquera, S. (s.f.). Tomate verde. Consulta: 15 septiembre 2023. Disponible en
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/832807/tomate_verde.pdf.
- De La Garza González J. L. (1996). Fitopatología general. Marín, N.L.: UANL, Facultad de Agronomía.
- EPPO. 2023. *Bactericera cockerelli*; Consulta 21 de octubre. Disponible en:
<https://gd.eppo.int/taxon/PARZCO/distribution>

- Galván, Ó. M., Martínez, N. B., Carrasco, J. V., y Sánchez, J. L. C. (2002). Identificación, biología y descripción de *Melanagromyza Tomaterae* steyskal (Diptera: agromyzidae) barrenador del tomate *Physalis ixocarpa* Brot. *Acta Zoologica Mexicana* (N.S.), (86), 145-153. <https://doi.org/10.21829/azm.2002.0862.5>
- Garzón-Tiznado, J. A., Cárdenas-Valenzuela, O. G., Montes-García, N., Marín-Jarillo, A., Becerra-Flora, A., Velarde-Félix, S., Reyes-Moreno, C., González-Chavira, M. M., y Martínez-Carrillo, J. L. (2009). Asociación de hemiptera: Triozidae con la enfermedad 'permanente del tomate' en México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 61-72.
- Gastelum, R. F., Díaz, J. A. Á., Cota, B. O. V., Salmerón, J. A. T., y Espinoza, R. M. L. (2007). Identificación y control químico de los agentes causales de la mancha foliar y la cenicilla del tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) en el norte de Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 25(1), 1-10.2.
- Hernandez-Deheza, M.G. (2013). Etiología del variegado del chile (*Capsicum annum* L) en Yurecuaro, Michoacan. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. De Mexico.
- INTAGRI. (2017). La enfermedad del "Permanente del tomate". Mexico.: Serie fitosanidad, Num.83. Artículos Técnicos de Intagri. Consulta: 12 septiembre 2023. <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/la-enfermedad-del-permanente-del-tomate>
- Landeros-De La Isla, A., y Macías-Sánchez, K. L. *Fusarium oxysporum* F. sp. *lycopersici*: How can we control this fungus?. *Av. Biotecnología y Micro.* 2017; 4(3): 555637. DOI: 10.19080/AIBM.2017.04.555637
- Lopez-Cruz, J.Y., Martinez-Gutierrez, G.A., y Gonzales-Cruz, M. (2018). Desarrollo de nuevos productos derivados del tomate de cascara como alternativa para aumentar la rentabilidad de los sistemas productivos en comunidades rurales de Oaxaca. Universidad Nacional Autonoma de Mexico Y Asociacion Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C. Coeditores, Mexico.
- López-López, R., Arteaga-Ramírez, R., Vázquez-Peña, M. A., López-Cruz, I. L., y Sánchez-Cohen, I. (2009). Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) basado

en láminas de riego y acolchado plástico. Revista Chapingo Ser. Horticultura vol.15 no.1.

Marin, J.A., Garzon, T.J.A., Becerra, F.A., Mejia, A.C., Bujanos, M.R., y Byerly, N.K.F. (1995). Ciclo biológico y morfología del salerillo *Paratrioza cockerelli* (Sulc.) (Homoptera: Psyllidae) vector de la enfermedad permanente del jitomate en el Bajío". Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) no.38.

Melgoza-Villagómez, C. M., León-Sicairos, C. D. R., López-Valenzuela, J. A., Hernández-Espinal, L. A., Félix, S. V., y Garzón-Tiznado, J. A. (2018). Presencia de "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" en "*Bactericera cockerelli*" Šulc asociada con enfermedades en tomate, chile y papa. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9(3), 499-509.

Moncayo-Perez, C.D. (2015). Control químico del carbon blanco (*Entyloma australe* sp.) en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.). Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma de Chapingo. Edo. De Mexico.

Moncayo-Perez, C.D.(2020). Resistencia genética al carbon blanco (*Entyloma australe* sp.) en tomate de cascara (*Physalis* spp). Tesis de Doctorado en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma de Chapingo. Edo. De Mexico.

Munyanza, J. E., Buchman, J. L., Upton, J. E., Goolsby, J. A., Crosslin, J. M., Bester, G., Miles, G. P., Y Sengoda, V. G. (2008). Impact of different potato psyllid populations on zebra chip disease incidence, severity, and potato yield. Revista Subtropical Plant Science. SSN 1009-7791

N.Agrios, G. (2006). Fitopatología. Editorial Limusa. Mexico.

N.Agrios, G. (2002). Fitopatología; 2da.Edición, Editorial Limusa. Mexico

Peña-Quiroz, R. (1998). El Cultivo De La Papa (*Solanum tuberosum* L), y Sus Principales Plagas Insectiles. Monografía de Licenciatura en Fitotecnia. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila.Mexico.

- Potatoes New Zealand.(2020). Tomato potato psyllid (*Bactericera cockerelli*). Consulta: 18 octubre 2023. <http://https://potatoesmz.co.nz/?mdocs-file=19276>
- Revels-Torres, L.R. (2018). Identificación molecular de la presencia de fitoplasmas en el cultivo de tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem.) INIFAP, Campo Experimental Zacatecas. Mexico.
- Rodríguez E., *et al.* Producción de semillas de tomate de cascara en hidroponía. (2019). Tesis de Maestría en Ciencia en Manejo de Áreas de Temporal. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Guadalajara, Mexico.
Doi: 10.35429/JTEN.2019.10.3.19.24.
- Rzedowski G., J Rzedowski. (2001). Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Patzcuaro, Michoacán.
- SAGARPA. (s.f.). (*Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca*). Recuperado el 04 de Octubre de 2023, de Anuario estadístico de la producción agrícola de México (2017). <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Sanchez-Martinez, J., y Peña-Lomeli, A. (2015). Variedades de uso común; un breve mirar a la riqueza mexicana. Revista Vol II. Tomate de cascara, pag.13. Estado de México.
- Santiago Hernández J.F., Cedillo Portugal E., Cuevas Sánchez J.A. (2010). Distribución Geográfica de *Physalis* spp. Editores Prometeo S.A. de C.V., pp-40, 125.
- Sarkar, S., Hatt, S., Philips, A., Mahjuba, A., Milroy, S.P., y Xu, W. (2023). Tomato Potato Psyllid *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Trioziidae) in Australia: Incursion, Potential Impact and Opportunities for Biological Control. *Insects*.7;14(3):263.
doi: 10.3390/insects14030263.
- SENASICA. (2016). *Diabrotica balteata* LeConte 1865. Ficha Técnica. Consulta 28 de octubre 2023. Disponible en:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/604500/Ficha_tecnica_Diabrotica_balteata_2020.pdf
- Vega-Gutiérrez, M. T., Rodríguez-Maciél, J. C., Díaz-Gómez, O., Montes-García, N., Mota-Sánchez, D., Martínez-Carrillo, J. L., Lagunes-Tejeda, Á., y Garzón-Tiznado, J. A.

(2008). Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del salerillo, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Agrociencia* vol.42 no.4.

Vereijssen. (2022). *Bactericera cockerelli* (Psilido del tomate/patata). Consulta: 03 septiembre 2023. Disponible en:

<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompndium.45643>

Villagómez, C. M. M., Del Rosario León Sicaños, C., Valenzuela, J. Á. L., Espinal, L. A. H., Félix, S. V., y Tiznado, J. A. G. (2018). Presencia de *Candidatus liberibacter solanacearum* en *bactericera cockerelli* Šulc asociada con enfermedades en tomate, chile y papa. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 499-509.

Villaseñor-Rios, J.L., y Espinosa-Garcia, F.J.(1998). *Catálogo de malezas de México*. Editorial.: Fondo de Cultura económica CFCE. Colección ediciones científicas universitarias.

Yepes-Rodriguez, F.C. (1997). *Consideraciones básicas sobre picudos (Coleoptera: curculionidae) de importancia económica en Colombia: caso *Rhynchophorus palmorum* L. y *Metamasius spp.** Trabajo especial para obtener la categoría de Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

ANEXOS



Anexo 1. Mantenimiento de experimento en laboratorio



Anexo 2. Separacion de machos y confinamiento en planta de tomatillo.



Anexo 3. Amarillamiento de hoja y enverdecimiento de nervaduras.



Anexo 4. Hojas de tomatillo expuestas a adultos de *B. cockerelli*, con evidente acucharamiento, amarillamiento y nervaduras enverdecidas.



Anexo 5. Toma de fotografías de hojas para análisis en programa ImageJ.



Anexo 6. Fotografía con hojas y escala utilizada para analizar porcentaje de area clorotica en el programa ImageJ.