

Control biológico del tizón del fuego (*Erwinia amylovora*) en árboles de manzano en el municipio de Canatlan, Durango

**Jesús García Pereyra
Gabriel Nicolás Aviña Martínez
Rosa Bertha Rubio Graciano
Mónica García Montelongo
Sebastián E. González Villarreal
Ana María García Montelongo
Jesús García Montelongo**

**Control biológico del tizón del fuego
(*Erwinia amylovora*) en árboles de
manzano en el municipio de Canatlan,
Durango**

Control biológico del tizón del fuego (*Erwinia amylovora*) en árboles de manzano en el municipio de Canatlan, Durango

Jesús García Pereyra
Gabriel Nicolás Aviña Martínez
Rosa Bertha Rubio Graciano
Mónica García Montelongo
Sebastián E. González Villarreal
Ana María García Montelongo
Jesús García Montelongo

Control biológico del tizón del fuego (Erwinia amylovora) en árboles de manzano en el municipio de Canatlan, Durango. **Autores:** Jesús García Pereyra, Gabriel Nicolás Aviña Martínez, Rosa Bertha Rubio Graciano, Mónica García Montelongo, Sebastián E. González Villarreal, Ana María García Montelongo y Jesús García Montelongo. —Durango, Durango. México. 2025.

54 p. 23 cm

Primera edición: 2025

ISBN: **979-13-87631-76-5**

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE20250591>



D. R. © copyright 2025; Jesús García Pereyra, Gabriel Nicolás Aviña Martínez, Rosa Bertha Rubio Graciano, Mónica García Montelongo, Sebastián E. González Villarreal, Ana María García Montelongo y Jesús García Montelongo

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana de Durango

Km. 22.5 Car. Durango – México. CP: 34323

Tel: (618) 596-1822

(618) 596-1823

www.itvalledelguadiana.edu.mx

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango

Boulevard Guadiana 123, Los Remedios 34100 Durango, Dgo.

Tel: (618) 812-9238

www.cocyted.mx

Edición y corrección: **Astra Ediciones**

Todos los derechos reservados conforme a la ley. Las características de esta edición, así como su contenido, no podrán ser reproducidas o transmitirse bajo ninguna forma o por ningún medio, electrónico ni mecánico, incluyendo fotocopiadora y grabación, ni por ningún sistema de almacenamiento y recuperación de información sin permiso por escrito del propietario del Derecho de Autor.

Contenido

Prólogo	9
Capítulo 1	
Antecedentes	11
1.1. Erwinia amylovora agente causal del tizón del fuego	15
Capítulo 2	
Metodologías.....	19
2.1. Trabajo de campo.....	21
2.2. Análisis del suelo para determinar las causas de diseminación al arbolado de la enfermedad	23
2.3. Análisis de laboratorio de tejido vegetal y de suelo para aislamiento de la cepa de Erwinia amylovora	25
Capítulo 3	
Formulación del biobactericida.....	27
3.1. Aplicación del biobactericida en campo	29
3.2. Variables a estudiar	30
Capítulo 4	
Resultados	35
4.1. Bioensayos	38
Capítulo 5	
Resultados del análisis de fertilidad del suelo	43
Conclusiones	49
Bibliografía	51

Prólogo

Sin duda, este interesante trabajo de investigación realizado en el municipio de Canatlán tiene un impacto significativo desde el punto de vista científico y representa un gran beneficio para los fruticultores de la región, ya que ofrece una herramienta más para la prevención de la infección por fuego bacteriano en los manzanos en la producción. Esta investigación en el campo de las frutas es una más de las muchas contribuciones del Dr. Jesús García Pereyra, un destacado profesional de la academia, la innovación, la investigación y la formación de profesionales de la agronomía en el Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana, donde incluso ha ocupado cargos directivos en años pasados.

Es un investigador con una trayectoria notable y ha publicado una gran cantidad de artículos y libros, tanto propios como en colaboración. Su experiencia en la producción de organismos benéficos para la agricultura lo ha llevado a colaborar con algunas secretarías de Estado, como SEDESOL Y SADER, como técnico asesor. Además, es creador de tres registros de marca y seis boletines técnicos para productores de frijol y maíz. En resumen, es un académico con más de 40 años de servicio en la docencia, ha dirigido 80 tesis de ingenieros en formación.

El presente trabajo, como mencioné anteriormente, es un estudio que ofrece un diagnóstico in situ de la actividad bacteriana en, cuestión conocida como tizón de fuego en el manzano. Este estudio se centra en el ciclo biológico de la bacteria *Erwinia amylovora* y su presencia en el suelo, los raíces, el tronco, las ramas, brotes, flores yemas.

Tradicionalmente, el tizón (también llamado: mancha de fuego) se maneja de manera preventiva, ya que, una vez que infecta al frutal, es difícil combatir, se convierte en una amenaza para la producción de manzana y para el propio árbol, que puede llegar a secarse por la intensidad de la afectación.

Los productores de manzana de la localidad han empleado un sinnúmero de modalidades desde sustancias a base de cobre, antibióticos

amionglicósidos como las gentamicina, estreptomycin, y otros antibióticos como la tetraciclina y una gran variedad de moléculas que incluso en mezclas de varios de ellos. Sin embargo la bacteria ha desarrollado resistencia a los antibioticos dada su capacidad de mutación, por lo que tambien se usan sanitizantes como sales cuaternarias, Yodo, Cloro, caldos sulfocálcicos y dispersantes de plagas, con pobres resultados. Este trabajo ofrece como resultado el llamado control biologico con un antagonista, (habiéndose evaluados varias cepas), obteniendo los mejores resultados con la cepa de *Bacillus Thuringensis* (var. *kurstaki*).

Lo anterior abre nuevas perspectivas en el manejo integral para todos los productores de la región en la lucha contra la Mancha o Tizón de fuego en el manzano. Indudablemente, este estudio será un parteaguas y una "llamada de atención" para los tres niveles de gobierno, con el fin de aumentar el presupuesto en materia de investigación en el sector primario y establecer una estrategia de prevención del Tizón de fuego por parte de Sanidad Vegetal y las juntas locales.

Dr. A. Ramón Delgado Campos
Pequeño productor de manzana

Capítulo 1

Antecedentes

En Durango, la zona frutícola comprende los municipios de Canatlán y Nuevo Ideal, los cuales se encuentran a una altitud promedio de 1859 msnm. Ambos municipios tienen una superficie apta para este frutal de 12 000 hectáreas. En la zona frutícola, la producción de 4 millones de rejas en la década de los 90, paulatinamente ha disminuido a un millón de rejas reportadas hasta el año 2018 (Cuadro 1, Figura 1). Para el año 2019, la producción presentó un repunte del 5 %, pero para 2020, 2021 y 2022, la producción descendió en orden del 5 % anual.

Cuadro 1.

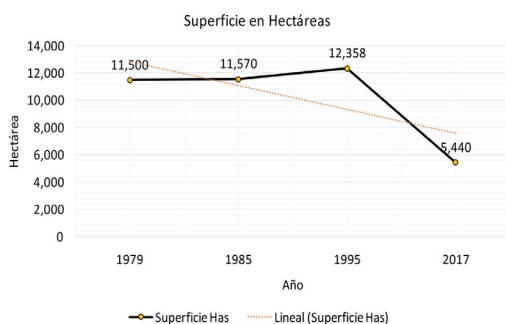
Decadencia en producción de manzana en la zona frutícola de Durango

Municipio	Hectáreas (2018)				
	Productores	Superficie total	En desarrollo	Producción	Decadencia
Canatlán	759	3,842	330	3,139	373
Nuevo Ideal	366	1,598	162	1,170	266
Total	1,125	5,440	492	4,309	639

Muchas de las huertas de la zona frutícola están cambiando su vocación productiva a cultivos anuales como el maíz y frijol, causado principalmente por la falta de agua para riego y el avance en el daño del arbolado por la presencia del tizón del fuego.

Figura 1.

Reducción de la superficie de arbolado de manzano en la zona frutícola



Esta baja productiva se atribuye a diferentes factores:



- ✓ Falta de tecnologías de sistemas de riego presurizado, que permitan un ahorro consuntivo del agua.
- ✓ La falta de horas frío no está permitiendo la producción de ciertos tipos de variedades de manzano del tipo Delicious.
- ✓ Presencia de heladas tardías
- ✓ Presencia de granizo en algunas localidades y afectación por la falta de mallas antigranizo
- ✓ Presencia de temperaturas arriba de 30oC en la etapa de floración que aumenta la presencia de la bacteria *Erwinia Amylovora* causante del tizón del fuego que pudre y seca el árbol.
- ✓ Escasa brotación de yemas vegetativas y florales
- ✓ Reducido amarre de fruto
- ✓ Reducida formación de yemas florales
- ✓ Deficiente acumulación de horas frío

El tizón del fuego hace un daño en racimos florales, brotes vegetativos, hojas, fruto, madera, e incluso raíces, Figura 2. (Ockey and Thomson, 2006).

Figura 2.

Brotes, flor y daño del tizón del fuego

	
Brotación de yema floral en manzano	Daño en la corteza por Tizón del fuego
 Polinización floral	 100 % de daño

Los productores están empleando métodos de control para el tizón del fuego: antibióticos como estreptomicina, gentamicina, tetraciclina y Oxitetraciclinas, el uso de compuestos orgánicos a base de extractos de plantas vegetales como orégano, tomillo y canela que han demostrado poca eficiencia en la reducción del daño en el arbolado. Además, la aplicación recurrente de bactericidas ha inducido resistencia y solo ha amortiguado los síntomas y ha creado resistencia a la enfermedad (Figura 3).



Aplicación de compensadores de frío, bactericidas sintéticos y bioestimulantes aplicados por pulverizador. Imagen: Cortesía del Productor Ing. Alfonso García



Con contenido de cobre que ayuda a eliminar el hongo *Botrytis cinérea* causal de la pudrición del fruto

Guía de tratamientos recomendados para manzano, 2002

Fecha aproximada	Estado fenológico	Plaga	Enfermedad	Insecticida	Fungicida	Producto comercial	Tipo de Acción	Fecha tratamiento
Febrero	A.	Pulgones Acaros rojos		Acetate de invierno		Acetate invierno, Abitol winter, Regalor invierno, Fruit life, Funtor óleo invierno, Insecticida óleo invierno OIR 1153	Contacto	

Fuente: <https://www.bizkaia.eus/>



La importancia económica y social para los productores es por la cosecha de las variedades del grupo “Red delicious”, como son Starking, Doble Red, Delicious, Top Red, Red Chief, Golden Agua Nueva y Starking

Canatlan, y en menor escala Winter Banana y Winter Permain (Figura 4). A nivel nacional, Durango es el segundo estado productor de manzana y la actividad frutícola más importante en el Estado, de la cual depende una cantidad importante de familias. El sistema producto manzana no se ha consolidado debido a la falta de organización de los productores que les permitan transitar de la producción primaria a la obtención de productos procesados que tienen gran demanda en el país y se importan de otros países como la República de Chile, Estados Unidos e incluso de Europa; siendo jugos de manzana, vinagres procesados, fermentados de manzana como sidras y concentrados en polvo y líquido de jugo. Hace falta que se busque la forma de tener una economía circular en el procesamiento de la fruta en donde las fibras residuales pueden ser una alternativa.

Figura 4.

Variedades de manzana cultivadas en la zona frutícola de Durango



1.1. *Erwinia amylovora* agente causal del tizón del fuego

El tizón del fuego, *Erwinia amylovora* tiende a aparecer en la etapa de floración, causado por factores climáticos, principalmente de temperaturas (en los meses de marzo y abril, el umbral de temperaturas es inestable, con altas y bajas), humedad en el suelo (el uso recurrente de riegos en esta etapa incrementa la posibilidad de la emigración de la bacteria del suelo a la flor). Se disemina a todo el árbol, la cual destruye y seca el árbol, mermando paulatinamente la producción de un 30 % en el primer año e incrementándose en años subsecuentes (Figura 5).

Figura 5.

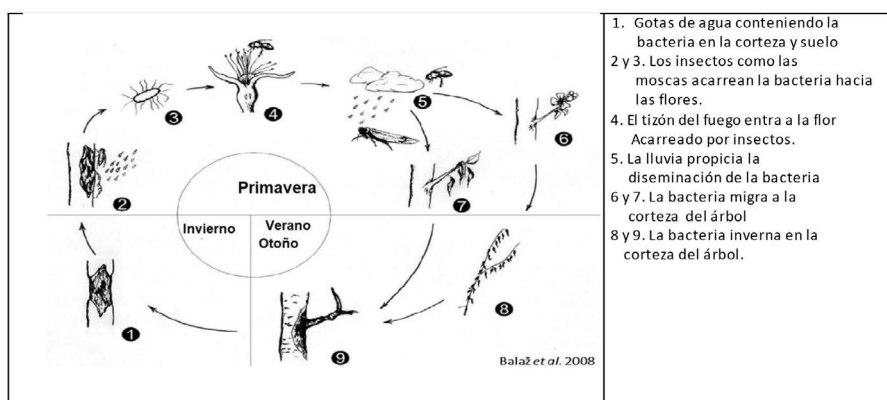
Características morfológicas de la bacteria *Erwinia amylovora*

• Organismo unicelular en forma de bastón recto. • 0.5 a 1.0 x 1.0 a 3 micras (una micra = 0.001mm). • Se desplaza por medio de flagelo. • Bacteria Gram negativa. • 50 °C hasta los 30 °C, pero la óptima es 27 °C.	
Fuente: Medina et al., 2006 Esta bacteria se reproduce en 20 minutos aproximadamente, lo que da como resultado que al cabo de 10 horas una sola bacteria produzca una población de más de un millón de microorganismos.	

Otras causas de diseminación de la bacteria causal del tizón del fuego a todo el arbolado son por la lluvia, viento, insectos, mala desinfección de las herramientas de poda y labores culturales de limpieza y saneamiento de las huertas. Al arrastrar los árboles muertos, provoca que la bacteria se traslade a diferentes áreas, incrementando la propagación de la enfermedad (Fig. 6).

Figura 6.

Ciclo de propagación del Tizón del fuego

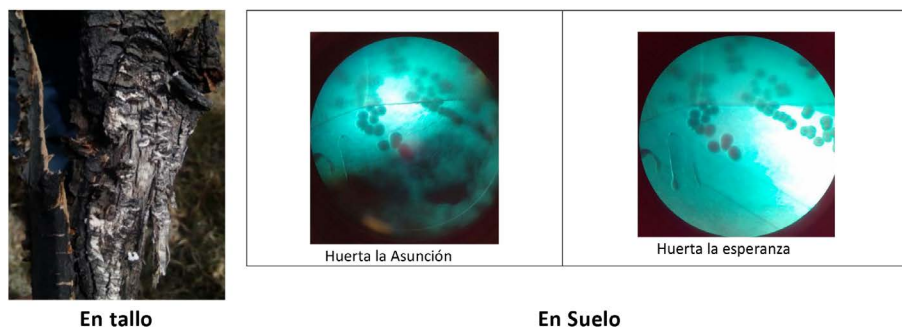


Las causas que han contribuido al incremento del daño por el tizón de fuego son las siguientes:

- a) La tendencia en periodos invernales y de dormancia hacia cada vez menor acumulación de frío en el manzano (bajas hasta de un 60 % menos de frío en la presente década que en años considerados normales)
- b) Como resultado de lo anterior se tienen floraciones largas e irregulares, por lo que la presencia de flores abiertas es más prolongada, aumentando el nivel de riesgo.
- c) La falta de recursos de una gran parte de los productores de manzano, que no pueden subsanar este problema ya que se requieren el uso de compensadores, de frío, aceite invernal, jornales para labores culturales; esto disminuye el rendimiento por hectárea.
- d) La tendencia del productor a utilizar riego durante la floración como práctica común, (Fig. 7).

Figura 7.

Presencia de tizón del fuego en tallo y suelo en la región de Canatlan, Durango



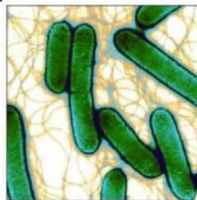
La bacteria *Erwinia amylovora* es un organismo unicelular en forma de bastón recto, que mide de 0.5 a 1.0 x 1.0 a 3 micras (micra = 0.001 mm) que ataca principalmente a las rosáceas. Se desplaza por medio de un flagelo (estructura en forma de látigo). Es capaz de utilizar varios azúcares, ácidos orgánicos y alcoholes para su desarrollo. Crece a temperaturas que van desde los 30 °C hasta los 50 °C, pero la temperatura óptima es de 25 a 27 °C. Esta bacteria se reproduce en 20 minutos aproximadamente, lo que da como resultado que, en un lapso de 10 horas, una sola bacte-

ria produzca una población de más de un millón de microorganismos. (Medina et al. 2006), (Figura 8).

Figura 8.

Características de Erwinia amylovora

Genero Erwinia ✓ Bastones rectos ✓ Tamaño de 0.5 a 1.0 x 1.0 a 3 µm ✓ Flagelos periticos ✓ Anaerobia facultativa ✓ Causan enfermedad necróticas ✓ Bacteria Gram negativa	
---	---



Capítulo 2

Metodologías

Se realizaron visitas de sensibilización y de diagnóstico participativo con los productores cooperantes de la zona frutícola, para el préstamo de sus huertas para la realización del estudio. La primera etapa consistió en la toma de muestras de suelo (la muestra se tomó en cada huerta a una profundidad de 50 a 60 cm con una barrena, se identificó y se almacenó en bolsas de plástico en un lugar fresco y seco para su traslado al laboratorio para su análisis). Se midió en suelo el pH, la conductividad eléctrica y el contenido de sodio, bajo la norma NOM-021-RECNAT-2000, (Figura 9).

		
Georeferenciación latitud norte y oeste	Profundidad de 50 a 60 cm	Toma de muestra
		
Toma de muestra	Perfil del suelo	Tamizado y secado de la muestra
		
Dilución: 15 gramos de suelo y 75 mililitros de agua destilada	Análisis de textura: 15 gramos de suelo tamizado y 45 mililitros de agua del grifo	Determinación del porcentaje de arena, limo y arcilla

Para el análisis de tejido vegetal, se procedió a tomar las muestras de las hojas que presentaron signos evidentes de la enfermedad por árbol: al menos 8 muestras por árbol. Se marcaron con diferentes colores los árboles dañados; este trabajo lo realizó cada productor cooperante en cada huerta (Figura 10).

Figura 10.
Toma de muestra de tejido vegetal, aparición de primeras hojas



2.1. Trabajo de campo

Se seleccionaron las huertas con base en la cercanía de la carretera y la facilidad de traslado, sin omitir que la presencia del tizón del fuego está diseminada en las huertas que se ubican en la parte alta y en la parte baja del municipio de Canatlán. De 80 huertas seleccionadas para el estudio, se procedió a realizar una presión de selección del 10 %, por lo que en ocho huertas se realizó el marcaje de árboles; fueron georeferenciados un total de 350 árboles de las huertas seleccionadas, trabajo que se realizó con el auxilio de los productores. (Cuadro 2).

Nombre del productor	No. Árboles marcados	Coordenadas	Nombre de la huerta	Marca con color Azul (presencia de <i>Erwinia</i>)	Blanco testigo (Sin presencia de <i>Erwinia</i>)
Jorge Alberto Rojas García	60	24o 28, 253, Norte 104o 41, 982, Oeste	KIM	40	20
Jaime Ruiz Canaán	50	23 o 32, 497, Norte 104 o 96, 260, Oeste	El Fresno	30	20
Héctor Huerta	70	23 o 30, 579, Norte 104 o 43, 791, Oeste	Asunción	50	20
José Asención Reyes	70	24 o 30, 854, Norte 104 o 42, 237, Oeste	José A. Reyes	50	20
Carlos jurado Díaz	50	24 o 28, 024, Norte 104 o 42, 347, Oeste	La Esperanza	30	20
Ramón Delgado	10	24 o 31, 558, Norte 104 o 42, 347, Oeste	Tres Generaciones	5	2

Los trabajos realizados fueron de marcado de árboles con el color verde y rojo, la presencia de un 50 % a más de tizón del fuego (a los que se les aplicará la cepa de SP 40 y SP 41) y de color blanco los que se utilizarán como testigos para la aplicación de Agrimicin® y Oxitetraciclinas (Figura 11).



2.2. Análisis del suelo para determinar las causas de diseminación al arbolado de la enfermedad

Análisis de fertilidad

Se realizaron los análisis físicos consistentes en determinación de pH, conductividad eléctrica en mmhos/cm, materia orgánica en %, densidad aparente g/cm^3 , sales solubles y el contenido de % de arena, arcilla y limo y la clase textural. Se determinaron los contenidos de fertilizantes existentes en el suelo en su nivel macro en kg/ha. Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y sodio. En su nivel micro en el caso de cobre, hierro, zinc, boro y manganeso. Se determinó la capacidad

de intercambio catiónico, el RAS (relación de absorción del sodio) y la fertilidad presente en cada uno de sus componentes. Con el propósito de conocer el grado de fertilidad en el suelo, el cual se realizó en 14 muestras de las huertas seleccionadas, en el cual los listados se presentan en el (Cuadro 3).

Cuadro 3.

Huertas de los productores seleccionados para el análisis de fertilidad del suelo (se incluyen dos huertas más: huerta el Tavo y huerta Erick Contreras)

Nombre de la huerta	Muestra 1	Muestra 2
Los Fresnos	x	x
Erick Contreras	x	
Tres Generaciones	x	
KIM	x	x
Rodolfo Ramírez	x	x
El Tavo	x	x
José Asención Reyes Treviño	x	
Huerta la Esperanza	x	
La Asunción	x	x

Análisis del daño del tizón del fuego

Se tomaron muestras de corteza en árboles de manzano con presencia del tizón del fuego, trabajos realizados con un cuchillo, el cual fue desinfectado en cada corte en una solución de formol al 5 %, Figura 12.

Figura 12.

Toma de muestra en corteza y Xilema de árboles seleccionados



2.3. Análisis de laboratorio de tejido vegetal y de suelo para aislamiento de la cepa de *Erwinia amylovora*

Se realizaron diluciones 1 a 10, 1 a 100 y 1 a 1000 de muestras representativas de suelo como de tejido vegetal, solo para las huertas de las planeadas (Figura 13). Empleando la técnica seriada, se tomaron 10 gramos de tierra y se diluyeron en 10 ml de agua destilada (10 % soluto y 90 % de solvente); después de esta misma solución se tomaron 10 ml y se diluyeron en 90 ml de agua y así por diez repeticiones. Así mismo, se realizó la siembra correspondiente con el método de extensión en placa, utilizando el medio de cultivo agar King B. El propósito es corroborar si el suelo tiene la presencia de tizón del fuego y el grado de contaminación.



Dilución 1 a 100 de suelo



King B agar como medio selectivo



Molienda y depuración de corteza



Siembra en asepsia

Capítulo 3

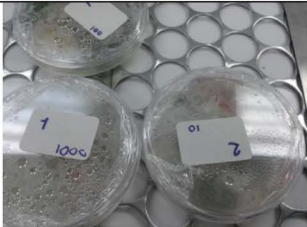
Formulación del biobactericida

Se efectuaron los siguientes pasos: aislamiento de la cepa en el suelo, del tallo de los frutales de manzano que presentaron los síntomas de la enfermedad; en ambiente controlado se efectuó la siembra aislada a diferentes diluciones (1:10, 1:100, 1:1000), fermentación en medio sólido empleando una fuente de carbono a base de arroz, experimentos realizados en una cámara en ambiente controlado CBR-214.

El proceso de inoculación y reproducción se efectuó en un medio de cultivo sólido (FMS) en bolsas de capacidad de 1.0 kilogramos, con grano de arroz precocido previamente esterilizado. Se tomaron muestras de 1.0 gramos y se diluyeron en 10 mililitros de agua estéril, para realizar el conteo de conidios mediante la cámara de Neubauer en concentraciones de 1.0×10^9 conidios/ml. Para la aplicación, el formulado se efectuó como dispersante de tierras diatomeas, con aplicación mediante pulverización y asperjado en frutales, Figura 14.

Figura 14.

Aislamiento de cepa de Erwinia amylovora

	
Cepa SP40 y SP41 aisladas del suelo de la zona frutícola	Aislamiento de <i>Erwinia amylovora</i> en tejido vegetal de árbol de manzano
	
Diluciones de 1 a 10, 100 a 1000 para aislamiento bacterial	La bacteria se asocia a un hongo <i>Phytophthora capsici</i>, causal de la pudrición de la raíz del árbol de manzano

*SP40: *Streptomyces coelicolor*, SP41: *Streptomyces venezuelae*

Se procedió a realizar un bioformulado con dos presentaciones en estado líquido y sólido, empleando para el líquido como coadyuvante aceite de neem, tierra de diatomeas y la bacteria antagonista molida con el arroz precocido, (Figura 15).

3.1. Aplicación del biobactericida en campo

Sitios de estudio

El trabajo se desarrolló en seis huertos de productores del municipio de Canatlán, Durango, México, ubicados a 24° 28, 253 Norte, 104° 41, 982 Oeste, a una altitud de 1859 msnm, con clima semiseco templado, con una precipitación media anual de 535.8 mm y temperatura media anual de 15.8°C (Medina et al., 2006).

Figura 15. Bioformulado con tierra diatomea y aceite de neem



Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar para cuatro tratamientos y diez repeticiones; el diseño es el siguiente:

$$Y = \mu + B_{ij} + T_{ij} + E_{ij}$$

Donde:

Y= Variable dependiente

B_{ij} : Bloques o repeticiones desde i hasta j

T_{ij} : Tratamientos desde i hasta j

E: Error experimental

3.2. Variables a estudiar

Reducción de presencia de *E. amylovora* en número de árboles de manzano infestados en cuadrantes de 2500 m² por año. (Flores, follaje y tallo). Seguimiento del experimento en el primer año y obtención de resultados, medición de factores climáticos, edáficos y culturales. Rendimiento de manzana (Kg/Ha).

En un huerto plantado con la variedad Golden Delicious injertado, a una densidad de plantación de 1000 árboles (4 X 2.5 m) por hectárea y 10 años de edad (en promedio), se seleccionaron cuatro bloques de 60 árboles cada uno. Cada bloque correspondió a los tratamientos:

Aplicación inicial en 4 hectáreas con tres diferentes biocontroladores bactericidas mediante tratamientos:

- **T1:** Aplicación de una mezcla de la cepa SP 40 y 41 (La cepa utilizada fue *Streptomyces coelicolor* *Streptomyces venezuelae*) con una concentración de 1.2×10^9 conidios/ml por hectárea y *Beauveria bassiana* con una concentración de 1×10^9 conidios/g en 240 g/l por hectárea, asperjado y aplicando en cuadrantes con marcajeo de árboles, se divide cada hectárea en cuatro cuadrantes, (Figura 16).
- **T2:** Aplicación del hongo entomopatógeno *Paecilomyces fumos-roseus* y *Metarhizium anisopliae* con una concentración de 1×10^9 conidios/g polvo en 240 gr mezclados en 200 litros de agua, de cada cepa por hectárea, asperjado y aplicando en cuadrantes con marcajeo de árboles, se divide cada hectárea en cuatro cuadrantes. Un cuarto de hectárea, (Figura 17).
- **T3:** Aplicación de una cepa bactericida, *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*, en una cantidad de 109 unidades formadoras de colonias, al menos una libra por hectárea asperjado y aplicando en cuadrantes con marcajeo de árboles, se divide cada hectárea en cuatro cuadrantes. Un cuarto de hectárea, (figura 17).

- **T4:** Testigo Aplicación de una mezcla de Agrimicin® y Estreptomici-na®, como lo efectúan los productores de manera práctica, (Figura 18.)

En toda el área experimental se evitó el riego durante el período de floración para inhibir el desarrollo de la bacteria bajo condiciones naturales (Ramírez et al., 2003).

Para el análisis e interpretación de resultados, los datos se sometieron a las pruebas estadísticas; análisis de varianza y comparación de medias, para su análisis mediante el paquete de Olivares, 1996.

Figura 16.

*T1: Aplicación de una mezcla de la Cepa SP 40 y 41 con una concentración de 1.2×10^9 conidios/ml por hectárea y *Beauveria bassiana* con una concentración de 1×10^9 conidios/g en 240 g/l por hectárea*



Figura 17.

T2: Aplicación del hongo entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* y *Metarhizium anisopliae* con una concentración de 1X10⁹ conidios/g en 240 gr

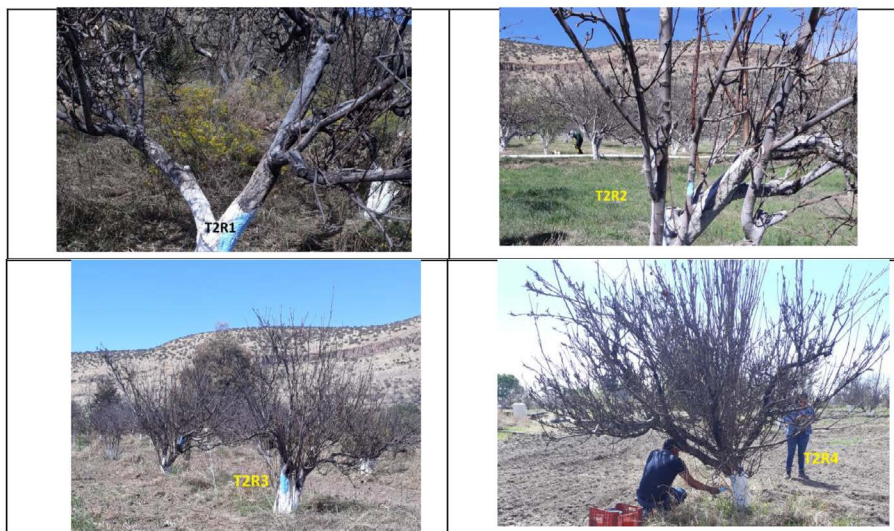


Figura 18.

T3: Aplicación de una cepa bactericida *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* en una cantidad de 10⁹ unidades formadoras de colonias

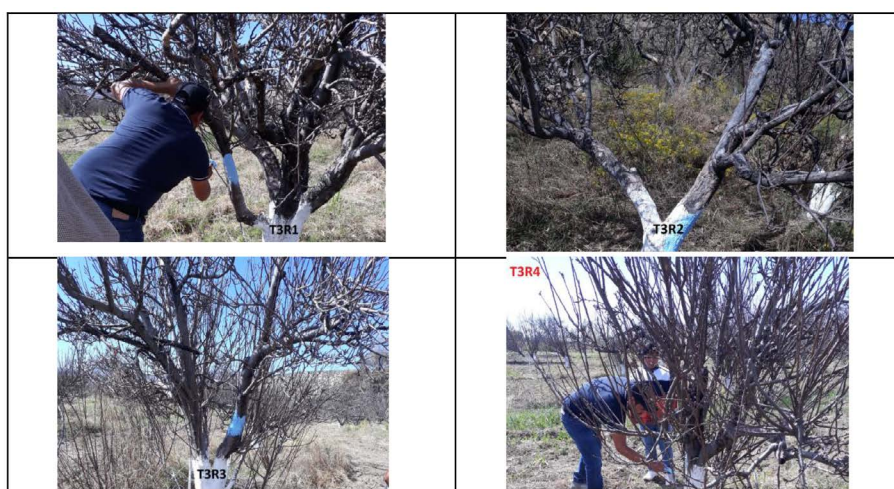
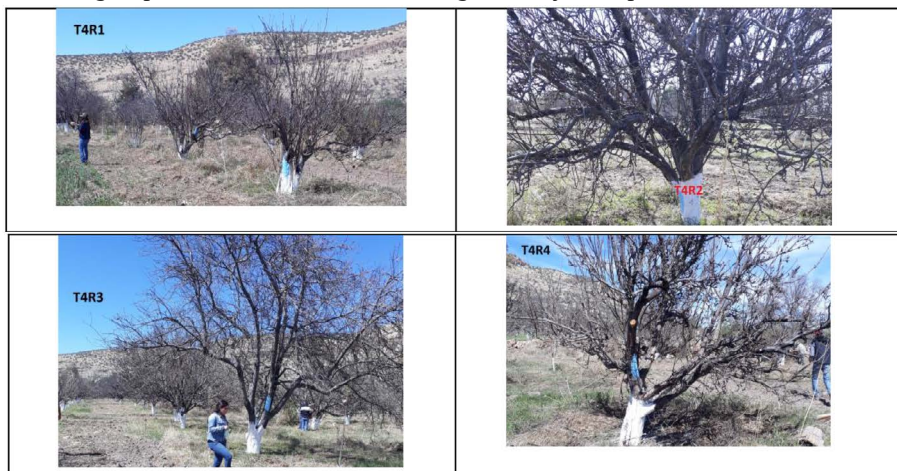


Figura 19.

T4: Testigo Aplicación de una mezcla de Agrimicin y Estreptomicina



Capítulo 4

Resultados

Los resultados de campo en cuanto a la eficiencia de reducción del tizón del fuego por tratamiento solo se seleccionaron para la aplicación del bioformulado 10 árboles (A1, A2, A3,...An) cada uno en dos huertas de la región manzanera de Canatlan, Dgo., se aprecian en el Cuadro 4, Figura 20.

Cuadro 4. Resultados de campo en % de reducción de *Erwinia amylovora* en Huertas frutícolas

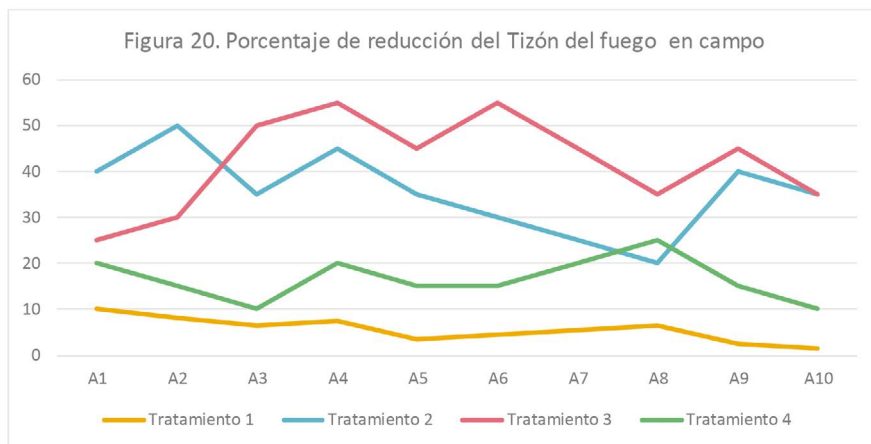
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Tratamiento 1	10	8	6.5	7.5	3.5	4.5	5.5	6.5	2.5	1.5
Tratamiento 2	40	50	35	45	35	30	25	20	40	35
Tratamiento 3	25	30	50	55	45	55	45	35	45	35
Tratamiento 4	20	15	10	20	15	15	20	25	15	10

T1: Aplicación de una mezcla de la Cepa SP 40 y 41 con una concentración de 1.2×10^9 conidios/ml por hectárea y *Beauveria bassiana* con una concentración de 1×10^9 conidios/g en 240 g/l por hectárea.

T2: Aplicación del hongo entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* y *Metarhizium anisopliae*, con una concentración de 1×10^9 conidios/g en 240 gr

T3: Aplicación de una cepa bactericida de *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* en una cantidad de 109 ufc/g.

T4: Testigo Aplicación de una mezcla de Agrimicin y Estreptomicina, como lo efectúan los productores de manera práctica.



Como se aprecia en la Figura 20, el tratamiento 3 con 42 % de eficiencia (aplicación de una cepa bactericida *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* en una cantidad de 10^9 ufc/g.) el cual presenta resultados similares con el tratamiento 2, con el 35.5 % (aplicación del hongo entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* y *Metarhizium anisopliae*) con una concentración de 1×10^9 conidios/g en 240 g en el primer año de aplicación por el método de asperjado directo, empleando un surfactante a razón de 2 ml/L de agua.

4.1. Bioensayos

Se realizaron experimentos en los cuales se comprobó la efectividad de dos bioestimulantes y 4 bactericidas biológicos como disponibles en el laboratorio de agrobiología del Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana, los cuales fueron (Figura 21):

1. Ecto-Rhyza®: a base de *Pisolithus tinctorius* 250 millones de ufc/g
2. PHS WS®: a base de *bacillus subtilis* 16.5 millones de ufc/g
3. PHC-F®: 1 million UFC/g *Streptomyces griseoviridis*
4. *Bacillus thuringiensis*
5. *Paecilomyces fumosoroseus*
6. *Metarhizium anisopliae*

Figura 21.

Bioestimulante: 1. Ecto-Rhyza, 2. PHS WS, Bactericidas biológicos; 3. PHC-F, 4. *Bacillus thuringiensis*, 5. *Paecilomyces fumosoroseus*, 6-*Metarhizium anisopliae*



Posteriormente se inoculó cada tratamiento con *Erwinia amylovora* en cajas Petri con dos diferentes tipos de agares: agar dextrosa papa y agar nutritivo, realizando triplicados de cada tratamiento (3 cajas con cada tratamiento); los resultados se aprecian en el Cuadro 5.

Cuadro 5.

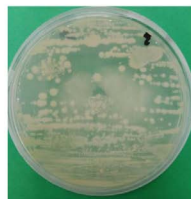
(-) no hubo inhibición de *Erwinia amylovora* (+) hubo inhibición de *Erwinia amylovora*. T1: Ecto-Rhyza, T2: PHS WS, T3: PHC-F, T4: *Bacillus thuringiensis*, T5: *Paecilomyces fumosoroseus*, T6: *Metarhizium anisopliae*

TRATAMIENTO	AGAR NUTRITIVO Repeticiones	AGAR DEXTROSA PAPA Repeticiones
T1	-	-
	-	-
	-	-
T2	-	-
	-	-
	-	-
T3	-	-
	-	-
	-	-
T4	+	+
	+	+
	+	+
T5	+	+
	-	-
	-	-
T6	-	-
	-	-
	-	-

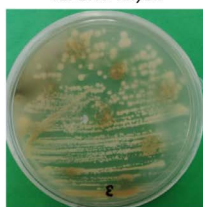
Los resultados de la eliminación de *Erwinia amylovora* sembradas en placa con agar dextrosa papa PDA se aprecian en los antibiogramas de la Figura 22; solo se presentan los resultados si hubo inhibición o no, en este caso solo la cepa de *Erwinia amylovora* en la cual se aplicó un mililitro de *Bacillus thuringiensis* a una concentración de 1×10^9 conidios/g

Figura 22.

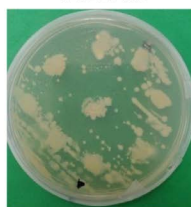
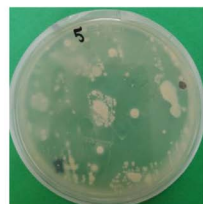
Inhibición por tratamiento de Erwinia amylovora aplicando un mililitro de ufc/ml

T1: *Ecto-Rhyza*

T2: PHS WS



T3: PHC-F

T4: *Bacillus thuriangiensis*T5: *Paecilomyces fumosoroseus*T6: *Metarhizium anisopliae*

Posteriormente se realizaron antibiogramas con dos cepas, SC1234 y SC1235. Se realizaron triplicados de ambas cepas con *Erwinia amylovora* en agar dextrosa papa y nutritivo; los resultados se aprecian en el Cuadro 6.

Cuadro 6.

(-) no hubo inhibición de Erwinia amylovora (+) hubo inhibición de Erwinia amylovora bioensayos realizados con las cepas bactericidas SC1234 y SC1235

Tratamiento	Agar Nutritivo	Agar Dextrosa Papa
SC1234	-	+
	-	-
	-	-
SC1235	+	+
	-	+
	-	-

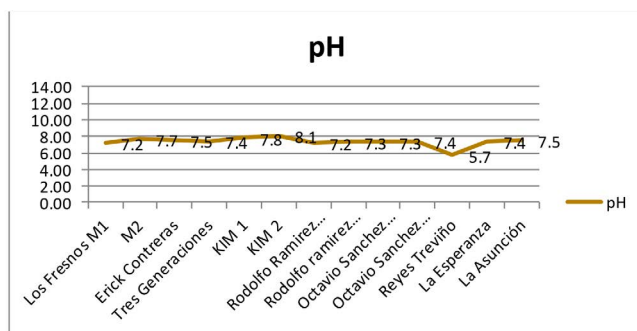
Capítulo 5

Resultados del análisis de fertilidad del suelo

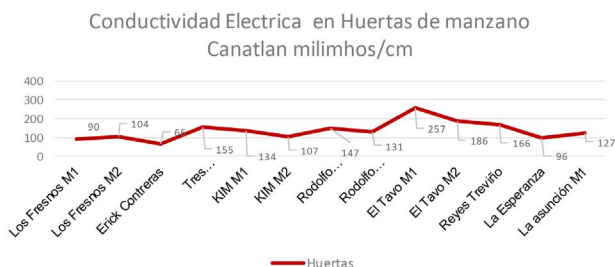
Los valores del pH, en los suelos de las huertas, se aprecian en la Fig. 23; este permite conocer el grado de acidez, neutralidad o alcalinidad del suelo. Suelos con pH entre los valores de 5.8 a 6.5 son los ideales para la producción de la fruta.

Figura 23.

Valores de pH en los suelos de las huertas



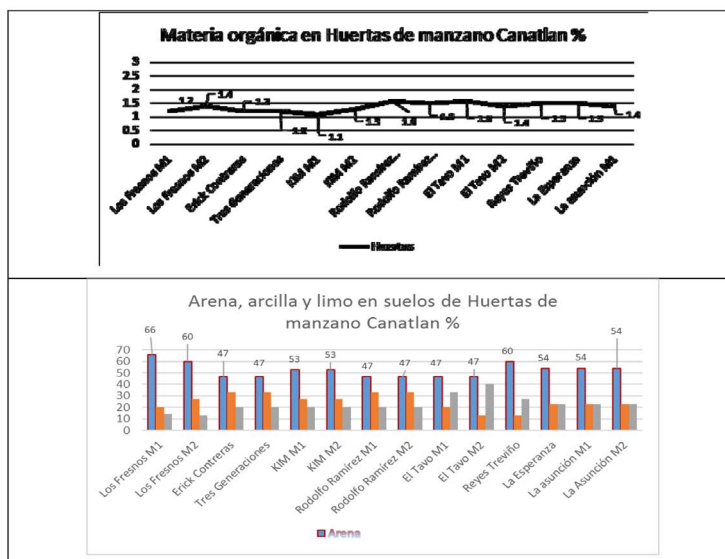
La bacteria *Erwinia amylovora* requiere de un ambiente alcalino en el suelo para desarrollarse. Recomendaciones: Las huertas requieren implementar como base de la fertilización la adición de ácido fosfórico, el cual es una fuente de fósforo, o bien ácido cítrico (citratos), que dentro de sus características es de movilidad lenta; solo la planta absorbe del suelo lo que necesita y lo demás permanece almacenado en el suelo. La conductividad eléctrica permite conocer la cantidad de sales que se acumulan en el suelo vía fertilización a base de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Los valores normales para manzano son 1000 mmho/cm; valores arriba de este valor pueden disminuir la producción hasta un 30 %. (Figura 24).



La baja cantidad de sales presentes en el suelo es un indicador de una mala fertilización en la cual los tipos de fertilizantes no se están aplicando de manera adecuada. Recomendación: Para elevar la cantidad de sales nutritivas en el suelo, es necesario adicionar sales a base de calcio y de magnesio. En el caso del calcio, la mejor asimilación es con sulfato de calcio; el azufre acidifica y a la vez solubiliza el calcio.

Indicadores de fertilidad

La materia orgánica es un indicador del grado de fertilidad del suelo; la incorporación de esquilmos en el barbecho, la aplicación de bacterias solubilizadoras de nitrógeno, fósforo, potasio y la incorporación de ácidos húmicos favorecen la materia orgánica. La materia orgánica debe de andar en rangos de 1.6 a 3 % en cultivos de manzano; un valor menor es un indicador de la pobreza en los suelos. Esto va directo con el nitrógeno disponible para su consumo por la planta. Los suelos arenosos y bien drenados permiten que los fertilizantes lleguen a la raíz de manera natural, contenidos de 50 % de arena, 20 % de arcilla y 30 % de limo.



Macro nutrientes

Nitrógeno. Este elemento es de liberación rápida; la planta absorbe en sus diferentes etapas lo que asimila y el otro restante se lixivia y otra parte se evapora. El nitrógeno puede ser en forma de amoniacal, nitratos y nitritos; un exceso también puede crear toxicidad y una deficiencia, un factor de crecimiento y desarrollo fisiológico de la planta. Todas las huertas de los suelos analizados presentan deficiencias en este nutriente.

Nombre de la Huerta	Contenido de Nitrógeno en suelo kg/ha			
	Suelo 1		Suelo 2	
Los Fresnos	11.40	Deficiente	0.6	Deficiente
Erick Contreras	1.2	Deficiente		
Tres Generaciones	7.2	Deficiente		
KIM	1.1	Deficiente	1.1	Deficiente
Rodolfo Ramírez	2.1	Deficiente	1.1	Deficiente
El Tavo	6.1	Deficiente	3.1	Deficiente
José Asunción Reyes Treviño	0.6	Deficiente		
Huerta la Esperanza	0.6	Deficiente		
La Asunción	1.2	Deficiente	0.6	Deficiente

Fósforo

Este elemento es de liberación lenta; la planta asimila el porcentaje que requiere para sus actividades metabólicas y la otra parte se acumula en el suelo. No se presentan deficiencias significativas en las huertas.

Nombre de la Huerta	Contenido de Fosforo en suelo kg/ha			
	Suelo 1		Suelo 2	
Los Fresnos	213.4	En exceso	66.3	Deficiente
Erick Contreras	73.7	Deficiente		
Tres Generaciones	54.8	Adecuado		
KIM	68.0	Adecuado	76.8	Adecuado
Rodolfo Ramírez	2.1	Deficiente	1.1	Deficiente
El Tavo	6.1	Deficiente	3.1	Deficiente
José Asención Reyes Treviño	0.6	Deficiente		
Huerta la Esperanza	0.6	Deficiente		
La Asunción	1.2	Deficiente	0.6	Deficiente

Conclusiones



Se encontró una disminución significativa de *Erwinia amylovora* utilizando el tratamiento 4 (T4: *Bacillus thuringiensis*), el cual elimina la bacteria causal del tizón del fuego, pudiendo aplicarse en dos periodos de tiempo: la primera aplicación en la época del llenado de fruto y la otra después de la floración, ya que no está disponible en la literatura que sea un factor de peligro para los insectos benéficos como las abejas.

La constante aplicación de bactericidas a base de estreptomicina y de sales de cobre para eliminar hongos y bacterias no es la solución; se están creando resistencias en campo a las bacterias e insectos.

La formulación de este bactericida e insecticida biológico permite controlar plagas del manzano, como *Cydia pomonella* palomilla del manzano causante de pudrición del fruto, de peral y otras especies frutales.

Las aplicaciones del bactericida se deben de realizar por la mañana antes de la salida del sol o bien después del ocaso; esto permite que los estomas estén receptivos a los cambios ambientales, para poder lograr su aplicación.

Se logró una disminución de la bacteria causal del tizón del fuego en el primer año de aplicación en las huertas de los productores cooperantes del 50 %; se debe continuar con las aplicaciones al menos dos ciclos productivos más.

Los análisis de fertilidad indican que el pH alcalino del suelo, la deficiencia de materia orgánica y la aplicación de fertilizantes a base de nitrógeno en la etapa de floración propician la presencia del Tizón del fuego.

El uso de lixiviados de composta y su aplicación en la etapa de floración hacen la proliferación de moscas, otro factor de diseminación de la bacteria.

Bibliografía

- Billing, E. (1980). Fire blight (*Erwinia amylovora*) and weather: A comparison of warning systems. *Anales of Applied Biology*. 95: 365–377.
- Medina–García, G., Díaz–Padilla, G., Barbosa–Martínez, M., Silva–Serna, M.M., Chávez–Silva, A.H. y Báez–González, A.D. (2006). *Estadísticas climatológicas básicas del estado de Chihuahua (período 1961–2003)*. Libro Técnico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México, D.F. 235 p.
- Medina–García, G., Díaz–Padilla, G., López–Hernández, J., Ruiz–Corral, J.A., y Marín–Silva, M. (2005). *Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango (período 1961–2003)*. Libro Técnico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México, D.F. 230 p.
- Ockey, S.C., and Thomson, S.V. (2006). *Influence of rain on the transient populations of Erwinia amylovora on leaf surfaces*. Acta Horticulture (ISHS) 704:113–120
- Ramírez–Legarreta, M.R., Jacobo–Cuéllar, J.L., Ávila–Marioni, M.R., Gutiérrez–González, R. y Parra–Quezada, R.A. (2003). Toma de decisiones con base a prácticas recomendadas para el manejo del tizón de fuego del manzano en la Sierra de Chihuahua. *Folleto Técnico No. 6*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. 43 p.
- Ramírez–Legarreta, M.R., Jacobo–Cuéllar, J.L., Gardea–Béjar, A.A. y Parra–Quezada, R.A. (2008). Modelo de desarrollo floral en manzanos [*Malus sylvestris* (L.) Mill. Var. *Domestica* (Borkh.) Mansf.] Red Delicious y Golden Delicious como herramienta de toma de decisiones en el manejo integrado de enfermedades. *Revista Mexicana de Fitopatología* 26:153–163.

Los autores del trabajo extienden su reconocimiento a las siguientes instituciones:

Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología, Tecnológico Nacional de México, Campus Tecnológico del Valle del Guadiana

Por el apoyo económico, de instalaciones efectuado en tiempo y forma para la realización del proyecto, recursos sin los cuales no hubiera sido posible realizar el proyecto.

Al Gobierno del Municipio de Canatlán

Gracias al apoyo realizado a través de la Secretaria de Desarrollo Rural para realizar el trabajo conjunto técnicos, gobierno municipal y productores.

Productores Frutícolas del Municipio de Canatlán

Héctor Salvador Huerta Guajardo+, Jaime Ruiz Canaán, Jorge Alberto Rojas García, José Asención Reyes, Carlos Jurado Díaz, Ramón Delgado Campos. Erick Contreras Sánchez+, Manuel Hernández Jiménez, Félix Devora, Asunción Hernández, Rodolfo Ramírez, Octavio Sanabria, Alfonso García.

A los licenciados en Biología del ITVG

Ana María García Montelongo, Mariana Anahí Flores Esparza, J. Refugio Jaques López, por su participación desde la formación del proyecto, planeación, experimentación y aplicación en campo.

Control biológico del tizón del fuego (*Erwinia amylovora*) en árboles de manzano en
el municipio de Canatlan, Durango.

Se terminó de imprimir en marzo de 2025
en los talleres de Astra Ediciones

Av. Acueducto No. 829

Colonia Santa Margarita, C. P. 45140

Zapopan, Jalisco, México.

33 38 34 82 36

E-mail: edicion@astraeditorial.com.mx

www.astraeditorialshop.com

Impresión digital con interiores en papel bond de 75 g.

El tiraje consta de 300 ejemplares

Este libro, es un interesante trabajo de investigación realizado en el municipio de Canatlán tiene un impacto significativo desde el punto de vista científico y representa un gran beneficio para los fruticultores de la región, ya que ofrece una herramienta más para la prevención de la infección por fuego bacteriano en los manzanos en la producción.

Ofrece un diagnóstico in situ de la actividad bacteriana en, cuestión conocida como tizón de fuego en el manzano. Este estudio se centra en el ciclo biológico de la bacteria *Erwinia amylovora* y su presencia en el suelo, los raíces, el tronco, las ramas, brotes, flores yemas.



ISBN: 979-13-87631-76-5

