

Una enfermedad devastadora: historia del fuego bacteriano, su biología y manejo A devastating disease: history of fire blight, its biology and management

Iván Alberto Rodríguez Hernández, Loreto Robles Hernández y Ana Cecilia González Franco

Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Dirección postal de institución: Av. Pascual Orozco s/n, Santo Niño, Campus I. CP. 31200. Chihuahua, Chihuahua, México.

NOTAS SOBRE LOS AUTORES

Iván Alberto Rodríguez Hernández: p257667@uach.mx  <https://orcid.org/0009-0005-2303-8399>

Loreto Robles Hernández: lrobles@uach.mx  <https://orcid.org/0000-0002-4097-5764>

Ana Cecilia González Franco: ana.cecilia.gonzalez.franco@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-4463-4497>

Esta investigación fue financiada con recursos de los autores.

Los autores no tienen ningún conflicto de interés al haber hecho esta investigación.

Remita cualquier duda sobre este artículo a Iván Alberto Rodríguez Hernández.

RESUMEN

Erwinia amylovora es una enterobacteria generadora de tizón de fuego o mancha de fuego, siendo esta una enfermedad de la familia Rosácea en las que se afectan principalmente el manzano, peral y membrillo, actualmente está presente en más de 40 países. El manzano es una de las especies de mayor difusión a escala mundial, siendo México uno de los principales productores. La mancha de fuego es una enfermedad letal para el árbol generando pérdidas millonarias entre los agricultores a nivel mundial, y hasta la fecha no se tiene una cura concreta lo que la hace peligrosa. Una de las técnicas para determinar que tan agresivas pueden ser las cepas de *Erwinia amylovora*, es la utilización de la técnica de bioensayos de virulencia y patogenicidad, lo que permite poder manejar de mejor manera esta enfermedad y tener pérdidas mínimas al enfrentarse a la enfermedad mancha de fuego.

Palabras Clave: Bioensayo, Producción de manzana, Manejo, *Erwinia amylovora*.

ABSTRACT

Recibido: 30/06/2023

Aceptado: 02/10/2023

Publicado: 30/12/2023



Copyright © 2023 Iván Alberto Rodríguez Hernández, Loreto Robles Hernández y Ana Cecilia González Franco.
Esta obra está protegida por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Erwinia amylovora is an enterobacterium that causes fire blight or fire spot, a disease of the Rosaceae family that mainly affects apple, pear and quince trees, and is currently present in more than 40 countries. The apple tree is one of the most widespread species worldwide, being Mexico one of the main producers. The fire blight is a lethal disease for the tree, generating millions of dollars in losses among growers worldwide, and to date there is no concrete cure, which makes it dangerous. One of the techniques to determine how aggressive *Erwinia amylovora* strains can be, is the use of the bioassay technique of virulence and pathogenicity, which allows to better manage this disease and have minimal losses when facing the fire spot disease.

Keywords: Bioassay, Apple production, Management, *Erwinia amylovora*.

INTRODUCCIÓN

El fuego bacteriano, o también llamada mancha de fuego, es una de las enfermedades más devastadoras en plantas de la familia de las rosáceas, destacando frutales como el manzano, el peral y el membrillo, por su importancia económica. La mancha de fuego es una enfermedad que no solo destruye la cosecha del año en curso, sino también los años siguientes, llegando a destruir huertos completos, generando pérdidas millonarias entre los agricultores a nivel mundial; hasta la fecha no se tiene una cura concreta, lo que la hace una enfermedad peligrosa (van der Zwet 2012).

Erwinia amylovora es el agente causal del fuego bacteriano y fue la primera bacteria en ser descrita como agente causal de una enfermedad de las plantas (Burrill, 1883). Se considera que esta bacteria es nativa de América del Norte y se ha extendido a más de 40 países (Figura 1) desde su primera aparición en Nueva York a finales del siglo XIX (Bonn and van der Zwet, 2000). En el continente europeo, el primer país con presencia de la enfermedad fue Inglaterra en el año de 1957; posteriormente, se presentó en Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega y Suecia en el año de 1965. Por otro lado, en México se observó por primera vez en el año de 1921, pero en el estado de Chihuahua, México, uno de los principales productores de manzana a nivel mundial, apareció hasta el año 1974 y desde entonces, genera un gran problema para los fruticultores de esta región ya que se ven afectados por la enfermedad de la “mancha de fuego” generando pérdidas en los huertos de hasta el 10% de los árboles por año. (Van Der Zwet and S.V. Beer, 1999; Romo *et al.*, 2011).

A lo largo de la historia de la aparición de esta devastadora enfermedad, se han registrado hechos históricos donde se han registrado grandes pérdidas. En Grecia, después de 8 años, en el año de 1988, el 50% de los árboles fueron destruidos; en Michigan, USA en 1991 se perdieron US \$3.8 millones debido a la mancha de fuego; en el continente europeo, en Italia, en el año de 1997,

500,000 árboles fueron destruidos (van der Zwet & Beer, 1999); en Chihuahua, México, siendo el principal Estado productor de manzana en el país, se ha utilizado hasta el 22% en el consumo de productos para el manejo de la enfermedad (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2004; Romo *et al.*, 2011).

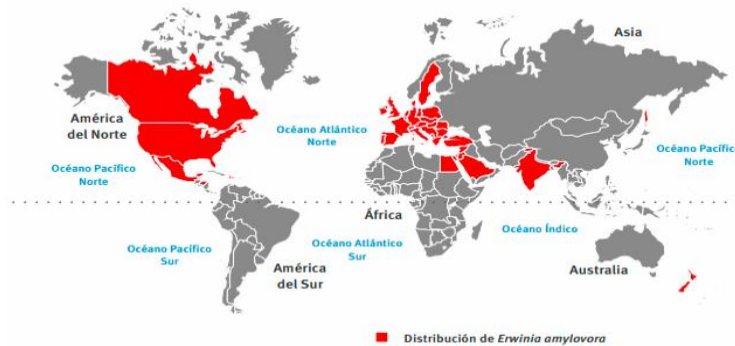


Figura 1. Distribución de *Erwinia amylovora* (Rossini *et al.*, 2013).

La propagación de la enfermedad depende de varios factores, como son las condiciones ambientales favorables, la presencia de inóculo en concentración suficiente y la sensibilidad de la planta hospedera (Eastgate, 2008). La enfermedad se dispersa fácilmente, por los pájaros, los insectos, la lluvia o el viento (Figura 2) (van der Zwet y Beer, 1995). Los síntomas del fuego bacteriano se desarrollan siguiendo las etapas de desarrollo estacionales de la planta. La enfermedad comienza en primavera cuando las bacterias que hibernan en canchales producen el inóculo primario que infecta las flores, continúa en el verano con la infección de los brotes y los frutos, y termina en invierno con el desarrollo de canchales (Dupont 2023).

Erwinia amylovora es una bacteria que durante el invierno permanece en los tejidos que aun quedan vivos durante el período de letargo de los árboles de manzano y peral, durante se protegen del invierno, hasta que llega la primavera cuando se dan las condiciones climáticas óptimas para su activación nuevamente. La bacteria se transmite a los tejidos sanos principalmente por insectos, viento y lluvia. Las condiciones climáticas adecuadas para que se lleve a cabo la diseminación de *Erwinia amylovora* son temperaturas entre 23 y 30 ° C.



Figura 2. Ciclo biológico de *Erwinia amylovora* (DuPont 2023).

En huéspedes susceptibles, las bacterias se mueven primero a través de los espacios intercelulares del parénquima y, en una etapa posterior, en los vasos del xilema, provocando lesiones extensas y, a veces, muerte regresiva completa del árbol, en condiciones climáticas favorables. Las partes enfermas de la planta se vuelven marrones o negras, como si hubieran sido arrasadas por el fuego (Piqué *et al.*, 2015).



Figura 3. Rama de árbol de manzana enfermo de mancha de fuego, síntomas característicos de la enfermedad, Imagen propia (Rodríguez, I. 2023).

La infección de una planta por medio de *Erwinia amylovora* depende de la virulencia de estas cepas bacterianas, la virulencia se refiere a la capacidad que tienen las bacterias fitopatógenas de causar una enfermedad en un huésped, las cuales son un conjunto de características y mecanismos hacen que la bacteria pueda infectar y generar daño en la planta huésped. Estos pueden ser adhesión, invasión, evitar la respuesta inmune del huésped, producción de toxinas, capacidad de formar biofilms, variabilidad genética entre otras, estos son algunos de los más importantes las cuales le dan la capacidad a la bacteria de generar la enfermedad (Fontana *et al.*, 2022).

Los factores de virulencia que *Erwinia amylovora* utiliza son varios incluido el sistema de secreción tipo III (T3SS), el exopolisacárido (EPS) amylovan, la formación de biopelículas y la motilidad. Para establecer con éxito una infección, *E. amylovora* utiliza una red reguladora compleja para detectar las señales ambientales relevantes y coordinar la expresión de factores de virulencia en etapas tempranas y tardías que involucran sistemas de transducción de señales de dos componentes, bis-(3' -5')-di cíclicos. -GMP (c-di-GMP) y detección de quórum (Piqué *et al.*, 2015).

Debido a estos factores de virulencia de *Erwinia amylovora* es muy complicado su control y manejo adecuado. En la actualidad es un gran desafío la mancha de fuego o tizón de fuego debido a la falta de medidas fitosanitarias efectivas para manejar de una mejor manera su propagación y evitar las pérdidas millonarias que esta genera a los agricultores.

Para el manejo de la enfermedad se basa en diferentes métodos como es la aplicación de productos químicos, como los antibióticos para combatir la bacteria, así mismo el manejo cultural, los productos biológicos y el uso de aceites esenciales y extractos vegetales, entre otros.

Uno de los métodos de control más utilizados es el uso de antibióticos, los cuales presentan una disminución considerable de las cepas bacterianas, lamentablemente el mal uso de estos productos químicos hace que estas presenten resistencia a estos haciendo que cada vez sean más altas las concentraciones que se utilizan o en algunos casos estos no tengan efecto sobre las bacterias como lo reporta Chacón *et al.*, 2011 donde en la región manzanera del estado de Chihuahua, una de las principales zonas productoras de manzana del mundo, se encontraron cepas resistentes al antibiótico estreptomina, así mismo en estados unidos y la Unión Europea se ha prohibido el uso de estos. (Rossini *et al.*, 2013, DuPont *et al.*, 2023). Además, ninguna otra sustancia aprobada tiene la misma eficacia que la estreptomina, aunque últimamente se han presentado otras alternativas de control sostenible para la niebla del peral y del manzano, como bacteriófagos, aceites esenciales, bacterias antagonistas y péptidos antimicrobianos (AMP), (Sabri *et al.*, 2023, Hassan *et al.* 2023).

Otro de los métodos de control de *Erwinia amylovora* para evitar la mancha de fuego es el manejo cultural el cual consiste en utilizar plantaciones con portainjertos y variedades comerciales tolerantes para evitar contaminación cruzada, así mismo debe estar complementado con podas, donde se debe eliminar la mayor cantidad posible de canchales, con el fin de reducir el inóculo para la temporada siguiente, este material vegetal retirado se recomienda su destrucción. Complementado con buenas prácticas de manejo como son fertilización, riego, drenaje, etc., como también observar periódicamente los huertos y viveros para detectar a tiempo la aparición de síntomas y poder actuar oportunamente (Rossini *et al.*, 2013).

Los microorganismos también se pueden utilizar en este caso como control biológico, es una técnica muy utilizada en la agricultura, la cual consiste en utilizar diferentes microorganismos como agentes antagonistas para que compitan en el patógeno, en este caso que puedan disminuir la virulencia de *Erwinia amylovora* y tener un mejor control. Hassan *et al.*, 2023 utilizaron bacteriófagos, que son virus que infectan bacterias para controlar su reproducción y diseminación, como en este caso utilizaron terapia con fagos se considera un método biológico seguro para controlar las enfermedades bacterianas de las plantas. Se utilizaron bacteriófagos para reducir las poblaciones de infecciones bacterianas y la gravedad de las peras. En un bioensayo, se evaluó el biocontrol de *Erwinia amylovora* utilizando discos de frutos de pera inmaduros. En la superficie del

disco de pera, todos los aislados de fagos suprimieron considerablemente el exudado bacteriano. Según mediciones de la población bacteriana aún presente en la superficie del disco, la terapia con fagos podría reducirla hasta en un 97%. Los bacteriófagos redujeron la gravedad de la enfermedad de la niebla del peral y del manzano en los senderos de las frutas de pera (Hassan *et al.*, 2023). Que como se menciona en este estudio fue muy eficiente el control con los bacteriófagos y es una alternativa muy eficiente para el control del fuego bacteriano tanto en pera como en manzano.

El control con bacterias antagonistas es altamente efectivo para el manejo de *Erwinia amylovora*. Existe una gran diversidad de bacterias, aunque no todas son malas y causan daño a la planta o al huésped, si no al contrario ayudan a combatir a los intrusos como en este caso serían *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus* spp, *Pantoea agglomerans*, entre otras las cuales son muy eficientes para el control de agentes patógenos como los son las cepas bacterianas de *Erwinia amylovora*. Sharifazizi *et al.*, 2017 realizaron un estudio aislando bacterias que se encontraban en huertos de manzano y peral que tenían síntomas de la enfermedad mancha de fuego, donde pudieron aislar 22 bacterias diferentes a *Erwinia amylovora* de las cuales 10 inhibieron el crecimiento de *Erwinia amylovora* las cuales fueron identificadas a través de pruebas bioquímicas y secuenciación parcial de genes 16s rRNA las cuales resultaron ser *Pantoea agglomerans* (Pa9, Pa10, Pa21), *Pseudomonas* sp. (Ps117, Ps170, Ps49, Ps89), *Enterobacter* sp. (En23, En113) y *Serratia* sp. (Se111). Estas cepas fueron seleccionadas por su eficacia en el control biológico de frutos inmaduros, flores desprendidas y hojas en condiciones de laboratorio. Todos los antagonistas pudieron reducir la gravedad de la enfermedad en frutas y flores (Sharifazizi *et al.*, 2017).

El uso de aceites esenciales y extractos vegetales ha tomado mucha fuerza ya que las moléculas que se han encontrado en estos presentan propiedades antimicrobianas y bacteriostáticas ante las diferentes bacterias fitopatógenas, de igual manera han funcionado para el control de *Erwinia amylovora*. Chacón en el 2011 utilizó aceites esenciales de orégano (*Lippia berlandieri*) obteniendo buenos resultados, donde la concentración mínima inhibitoria fue de .055 a .073% (p/V), esto debido a la presencia de carvacrol, un con una concentración de 80% el cual es un agente antimicrobiano.

De igual manera Fontana *et al.*, 2022 utilizaron extractos de hojas de *Moringa oleífera* para el control de *Erwinia amylovora* en manzano, ya que esta contiene fitocomplejos, que está compuesto principalmente por flavonoides, ácidos fenólicos, alcaloides, isotiocianatos, taninos y saponinas, que son responsables de su actividad antimicrobiana. En este estudio se obtuvieron como resultados que todos los extractos demostraron actividad bacteriostática a una concentración de 1 mg/ml, lo que resultó en una reducción del 80 % en la formación de biopelículas. HAMD-MOE,

MeOH-MOE y HA-MOE provocaron una inhibición de la motilidad del 60%, 65% y 30% después de 6 días y una disminución en la síntesis de amilovorano del 84%, 63% y 93%, respectivamente. Tras el análisis, podemos deducir que la virulencia de *Erwinia amylovora* es muy alta y afecta de gran manera a los huertos de manzano y peral generando pérdidas millonarias entre los agricultores, esto debido a que tiene muchos mecanismos de virulencia que le ayudan a infectar a la planta huésped de una manera muy rápida y tiene una diseminación facilitada por factores físicos como el viento la lluvia así mismo como el transporte a través de insectos que facilitan el transporte a otras plantas y otros huertos, haciendo aún más difícil el manejo de la enfermedad. De igual manera aun que el uso de antibióticos puede ser una alternativa eficiente, también ya quedó demostrado que el mal uso de estos está generando resistencia de las cepas bacterianas haciendo que este problema se haga aun más grave y más costoso. Por lo que es de gran importancia realizar un manejo integrado combinando los diferentes manejos de la enfermedad y así evitar una mayor desaminación y poderla controlar a tiempo evitando pérdidas millonarias entre los agricultores que hoy en día se tienen.

LITERATURA CITADA

- DuPont, T., Smith, T., Johnson, K., Zhao, Y., (2023). Fire Blight of Apple and Pear. Washington State University. (n.d.). <https://treefruit.wsu.edu/crop-protection/disease-management/fire-blight/>
- Eastgate, J. A. (2000). *Erwinia amylovora*: the molecular basis of fireblight disease. *Molecular Plant Pathology*, 1(6), 325–329. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2000.00044.x>
- Fontana, R.; Macchi, G.; Caproni, A.; Sicurella, M.; Buratto, M.; Salvatori, F.; Pappadà, M.; Manfredini, S.; Baldisserotto, A.; Marconi, P. Control of *Erwinia amylovora* Growth by *Moringa oleifera* Leaf Extracts: In Vitro and in Planta Effects. *Plants* 2022, 11, 957. <https://doi.org/10.3390/plants11070957>
- Hassan, W., Ahmed, O., Hassan, R.E. *et al.* Isolation and characterization of three bacteriophages infecting *Erwinia amylovora* and their potential as biological control agent. *Egypt J Biol Pest Control* 33, 60 (2023). <https://doi.org/10.1186/s41938-023-00689-w>
- Puławska, J., Sobiczewski, P. Phenotypic and genetic diversity of *Erwinia amylovora*: the causal agent of fire blight. *Trees* 26, 3–12 (2012). <https://doi.org/10.1007/s00468-011-0643-x>
- Rossini *et al.* (2013) Detección precoz de Tizón de fuego. INTA Centro Regional Patogenia Norte, EEA alto Valle. 12 p. [https://repositorio.inta.gov.ar/bitstream/handle/20.500.12123/12840/INTA_CIAP_Instituto dePatolog%*c3*%adaVegetal_Rossini_M_Detecci%*c3*%bn_precoz_de_tiz%*c3*%bn.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gov.ar/bitstream/handle/20.500.12123/12840/INTA_CIAP_Instituto_dePatolog%c3%adaVegetal_Rossini_M_Detecci%c3%bn_precoz_de_tiz%c3%bn.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

- Romo Chacón, Alejandro, Berlanga Reyes, David I., Guerrero Prieto, Víctor M., Martínez Campos, Roberto, Romero Gómez, Sergio, & Ramírez Legarreta, Manuel Rafael. (2011). Manejo de *Erwinia amylovora* con Aceite Esencial de Orégano (*Lippia berlandieri*) y Estudio de Resistencia a Estreptomicina en Arboles de Manzano cv. 'Golden Delicious'. *Revista mexicana de fitopatología*, 29(2), 119-132. Recuperado en 15 de octubre de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092011000200004&lng=es&tlng=es.
- Sabri, M.; El Handi, K.; Valentini, F.; De Stradis, A.; Achbani, E.H.; Benkirane, R.; Elbeaino, T. Exploring Antimicrobial Peptides Efficacy against Fire Blight (*Erwinia amylovora*). *Plants* 2023, 12, 113. <https://doi.org/10.3390/plants12010113>
- Van der Zwet, T., Orolaza-Halbrendt, N., & Zeller, W. (2012). Fire blight, history, biology and management (421 pp). St. Paul, MN: APS Press.

Copyright © 2023 Iván Alberto Rodríguez Hernández, Loreto Robles Hernández y Ana Cecilia González Franco.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)