



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSGRADO EN FITOSANIDAD

FITOPATOLOGÍA

**MODELO GEOESPACIAL DE
RIESGO FITOSANITARIO: *Xylella
fastidiosa* subsp. *fastidiosa* EN
MÉXICO**

MARIA MARGARITA OLIVA HURTADO

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2020

La presente tesis titulada: **Modelo geoespacial de riesgo fitosanitario: *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en México** realizada por la alumna: **Maria Margarita Oliva Hurtado**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
FITOPATOLOGÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)



DR. DANIEL TÉLIZ ORTIZ

ASESOR (A)



DRA. LAURA DELIA ORTEGA ARENAS

ASESOR (A)



DR. ANDRÉS QUEZADA SALINAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México, febrero de 2020

MODELO GEOESPACIAL DE RIESGO FITOSANITARIO: *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* EN MÉXICO

María Margarita Oliva Hurtado, M.C.

Colegio de Posgraduados, 2020

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo con los siguientes objetivos: 1) Documentar la biología de *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* y vectores presentes en Baja California para priorizar las variables biológicas que inciden directamente en la dispersión y establecimiento de la enfermedad, 2) Identificar las condiciones bioclimáticas y antrópicas que inciden en el establecimiento y dispersión de *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* y sus vectores y 3) Construir modelos cartográficos de establecimiento de *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* y sus vectores mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la orientación de medidas fitosanitarias. *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* es una bacteria patogénica que puede infectar a la vid (*Vitis vinífera* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), maple (*Acer* spp.), almendro (*Prunus dulcis* Mill., L.), café (*Coffea arabica*), durazno (*Prunus persica*), naranja (*Citrus cinensis*). En México se determinó un total de 1,504,338 hectáreas de cultivos susceptibles a *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, con un valor de producción de 44,249,772 miles de pesos. Las principales zonas productoras de vid se concentran en el Valle de Guadalupe, El Valle de los Ojos Negros y Ensenada (48.7% de la superficie nacional de uva industrial). Esta bacteria está presente en el Valle de Guadalupe, Baja California, Parras de la Fuente, Coahuila y Ezequiel Montes, Querétaro, por lo que el objetivo del presente estudio es realizar un análisis de riesgo para la previsión de acciones ante la eminente dispersión de la enfermedad hacia zonas libres de esta. Este análisis se apoyará en un modelado geoespacial de riesgo fitosanitario, para la recomendación de acciones para la Campaña contra la Enfermedad de Pierce en México.

Palabras clave: *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, Enfermedad de Pierce, modelo de riesgo fitosanitario.

PHYTOSANITARY RISK GEOSPACIAL MODEL: *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* IN MÉXICO

María Margarita Oliva Hurtado, M.C.

Colegio de Posgraduados, 2020

ABSTRACT

This research will be carried out with the following objectives: 1) Document the biology of *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* and vectors present in Baja California to prioritize the biological variables that directly include in the spread and establishment of the disease, 2) Identify the bioclimatic and anthropic conditions that include in the establishment and dispersion of *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* and its vectors and 3) Build cartographic models of establishment of *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* and its vectors through Geographic Information Systems (GIS) for the orientation of phytosanitary measures. *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* is a pathogenic bacterium that can infect the vine (*Vitis vinífera* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), maple (*Acer* spp.), almond tree (*Prunus dulcis* Mill., L.), coffee (*Coffea arabica*), peach (*Prunus persica*), orange (*Citrus cinensis*). In Mexico determined a total of 1,504,338 hectares of crops susceptible to *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, with a production value of 44,249,772 miles. The main vine producing areas are concentrated in the Guadalupe Valley, the Ojos Negros Valley and Ensenada (48.7% of the national industrial grape area). This bacterium is present in the Valley of Gudalupe, Baja California, Parras de la Fuente, Coahuila and Ezequiel Montes, Querétaro, so the objective of this study is to carry out a risk analysis for the forecast of actions before the eminent dispersion of the disease towards free zones of this. This analysis is based on a geospatial model of phytosanitary risk, for the recommendation of actions for the Campaign against Pierce's Disease in Mexico.

Keywords: *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, Pierce's Disease, phytosanitary risk model.

DEDICATORIA

A mi madre:

Antonia Hurtado Martínez que siempre con su ejemplo me ha enseñado a luchar y perseverar en todo lo que me proponga, a nunca rendirme y siempre buscar lo mejor de mi, a quien amo y agradezco a Dios por tenerla a mi lado, por educarme en la forma en que lo hizo, por amarme y siempre apoyarme, gracias.

A mis hermanos:

Javier, Eusebio, Jesus, Victor y Mayra, que han sido grandes pilares en mi vida, de amor, de respeto, de enseñana y de ejemplo, gracias por siempre quererme y cuidarme, los amo.

A mi complice y amigo:

Mateo Elías Juárez Tinajero por apoyarme en este sueño, por impulsarme y cuidarme siempre, gracias amor, te amo.

A mis sobrinos:

JJ, Orlando, Acuti, Juliana, Eddie, Hector, Tadeo, Naila y Leo. Nada es imposible en esta vida, con trabajo y empeño se logra lo impensado. Los amo mis niños.

¡Todo lo que he logrado es por ustedes!

Gracias

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados por haberme brindado su hospitalidad, por ser el centro de mi enseñanza y permitirme formarme en sus aulas y laboratorios.

Al Departamento de Análisis de Riesgo y a la Dirección del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria de la Dirección General de Sanidad Vegetal del SENASICA-SADER (anteriormente SAGARPA), por permitirme desarrollar este tema de investigación, por su confianza y apoyo, gracias.

A la Dirección de Protección Fitosanitaria de la Dirección General de Sanidad Vegetal del SENASICA-SADER, por brindarme información crucial para esta investigación y con ello colaborar con la protección fitosanitaria de México.

Al Dr. Daniel Téliz Ortiz, por sus valiosos comentarios que me permitieron concluir esta investigación.

A la Dra. Laura Delia Ortega Arena, por su disposición y sugerencias que ayudaron a mejorar esta investigación.

Al Dr. Andrés Quezada Salinas, por asesorarme y aportar valiosas sugerencias que permitieron enriquecer este trabajo.

Al Dr. Cristían Nava Díaz, por su disposición y sugerencias que ayudaron a mejorar este trabajo.

A mis profesores del Colegio de Postgraduados que me guiaron y compartieron sus conocimientos y experiencias, gracias por su guía.

A mis compañeros y amigos Vinc, Angy, Oti, Omar, Naye, Sandy y Sony, por su compañía y apoyo en esta aventura, gracias. A mis compañeros y amigos del trabajo, Dany, Isa, Marina, Fany, Lupe, Kuki, por siempre darme ánimos, gracias.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Hipótesis.....	3
1.2. Objetivos	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Enfermedad de Pierce.....	3
2.2. Síntomas de la Enfermedad de Pierce	6
2.3. Importancia económica	7
2.4. Distribución de <i>Xylella fastidiosa</i> a nivel internacional.....	9
2.5. Diversidad genética de <i>Xylella fastidiosa</i>	11
2.5.1. Especies.....	11
2.5.2. Subespecies	11
2.5.3. Secuencias tipo.....	12
2.6. Hospedantes	13
2.7. Epidemiología de la enfermedad.....	14
2.8. Técnicas de detección y diagnóstico	20
2.9. Medidas de control y manejo de la Enfermedad de Pierce	22
2.9.1. Control químico	23
2.9.2. Control biológico	24
2.9.3. Control cultural	25
2.9.4. Control genético.....	28
3. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. Recopilación de la información.....	31
3.1.1. Fuentes de información.....	31
3.1.2. Procesamiento de la información.....	32
3.1.3. Modelo geoespacial fitosanitario	32
3.1.3.1. Distribución de hospedantes en México.....	32
3.1.3.2. Modelo de distribución potencial	34
3.1.4. Modelo climático nacional.....	35

4.	RESULTADOS.....	35
4.1.	Etapa II: Evaluación del riesgo de plagas	35
4.1.1.	Categorización de una plaga	36
4.1.2.	Evaluación de la probabilidad de introducción (entrada y establecimiento) y dispersión	44
4.1.2.1.	Probabilidad de entrada de una plaga	44
4.1.2.2.	Probabilidad de establecimiento	51
4.1.2.3.	Probabilidad de dispersión.....	71
4.1.3	Evaluación de los efectos económicos.....	77
4.2.	Etapa III: Medidas de Mitigación.....	79
5.	DISCUSIÓN	80
6.	CONCLUSIONES	83
7.	LITERATURA CITADA	84

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Iniciadores recomendados para la detección de <i>X. fastidiosa</i> por el Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, DGSV-SENASICA, México, 2018.	22
Cuadro 2. Claves de combinación para la importación de productos vegetales en los que se reglamenta <i>Xylella fastidiosa</i>	42
Cuadro 3. Reportes de <i>Xylella fastidiosa</i> en especies de plantas cultivadas en Estados Unidos	45
Cuadro 4. Intercepciones de <i>Xylella fastidiosa</i> en importaciones de la Unión Europea	46
Cuadro 5. Importación de estacas de vid a México, 2003 a 2018 (toneladas).	46
Cuadro 6. Claves de combinación para la importación de vid para sembrar o para plantar.	48
Cuadro 7. Claves de combinación de México para la importación de productos vegetales en los que se reglamenta <i>Xylella fastidiosa</i> . SENASICA.	48
Cuadro 8. Requisitos fitosanitarios de importación hacia México, de los productos que han presentado detección de <i>X. fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i> en el mundo.	49
Cuadro 9. Destino de mercancías importadas como hospedantes de <i>Xylella fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i> ingresadas a México, en el año 2018.	49
Cuadro 10. Origen, procedencia y volumen de mercancías hospedantes de <i>Xylella fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i> ingresadas a México, por diversas aduanas, en el año 2018.	50
Cuadro 11. Hospedantes de <i>X. fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i> reportados por EFSA y codocumentados con presencia en México.	53
Cuadro 12. Cultivos susceptibles a <i>X. fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i> en México	55
Cuadro 13. Producción del cultivo de uva, 2010 a 2018 en México	55
Cuadro 14. Hospedantes de <i>X. fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i> en México.	62
Cuadro 15. Distribución geográfica de hospedantes de <i>Xylella fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i> por división política.	63
Cuadro 16. Captura de vectores de la campaña de Enfermedad de Pierce, 2010-2018	72
Cuadro 17. Captura de <i>H. liturata</i> según variedad de vid, 2010-2018.	73
Cuadro 18. Detección de plantas de vid positivas a la Enfermedad de Pierce en Baja California	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución mundial de <i>Xylella fastidiosa</i> . Fuente: EFSA, 2018a.	10
Figura 2. <i>Xyphon fulgidum</i> (= <i>Carneocephala fulgida</i>). CESAVEBC, 2018.....	36
Figura 3. <i>Cynodon dactylon</i> . Fuente: letebile, some rights reserved (CC BY-NC-ND), IRRI Images, some rights reserved (CC BY-NC-SA), B.J. Dion, some rights reserved (CC BY-NC-SA), CONABIO, 2018.	39
Figura 4. <i>Homalodisca liturata</i> (= <i>H. lacerta</i>). Ray Lemke; Salvador Vitanza; Bill Johnson. Iowa State University. Department of Entomology.....	39
Figura 5. Importación de estacas de vid a México, 2003 a 2018.....	47
Figura 6. Importación de plantas para injertar (barbados), de longitud inferior o igual a 80 cm a México, 2003 a 2018 (toneladas)	47
Figura 7. Importación de estacas y barbados de vid a México, 2018.....	50
Figura 8. Distribución y producción del cultivo de uva (<i>Vitis vinifera</i>) en México. Fuente: SIAP, 2019. Elaboración propia.	57
Figura 9. Producción del cultivo de uva industrial (<i>Vitis vinifera</i>) en México. Fuente: SIAP, 2019. Elaboración propia.	58
Figura 10. Principales destinos de exportación de uva industrial para vino (<i>Vitis vinifera</i>) de México. Fuente: SIAP, 2019. Elaboración propia.	59
Figura 11. Distribución de hospedantes agrícolas en México. Fuente: SIAP, 2019. Elaboración propia.	60
Figura 12. Distribución de hospedantes forestales en México. Fuente: CONAFOR, 2016. Elaboración propia.	61
Figura 13. Distribución de hospedantes silvestres en México. Fuente: MEXU, 2019; CONABIO, 2019. Elaboración propia.	64
Figura 14. Distribución de hospedantes silvestres de vectores en México. Fuente: MEXU, 2019; CONABIO, 2019.	65
Figura 15. Modelo de distribución potencial (MAXENT) mundial de <i>X. fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i> . Elaboración propia.....	66
Figura 16. Modelo de distribución potencial (MaxEnt) de <i>X. fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i> en México. Elaboración propia.	67

Figura 17. Condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de <i>X. fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i> en México. Elaboración propia.....	69
Figura 18. Condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de <i>X. fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i> en México. Elaboración propia.....	70
Figura 19. Red de trampeo, CESAVEBC, Baja California 2010-2018. Comunicación personal, Campaña Nacional de Enfermedad de Pierce, SENASICA.	74
Figura 20. Ruta del Vino, Baja California. SECTUR.....	75
Figura 21. Transito diario promeridio anual (TDPA), Baja California.	76

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) detectó e identificó por primera vez en Ensenada la presencia de *Xylella fastidiosa* en plantas de Vid en 1995, posteriormente realiza un estudio detallado de la Enfermedad y sus vectores en la zona Costa de Baja California de 2001 a 2003, donde documenta la distribución de la Enfermedad de Pierce en los predios de la región y los hábitos y poblaciones de los principales vectores que se identificaron en el Municipio de Ensenada (INIFAP, 2005; CESAVBC, 2015).

A partir del 2003 el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California implementa la campaña contra la Enfermedad de Pierce, con actividades encaminadas a reducir el riesgo que representa esta Enfermedad para la actividad vitivinícola en todas las zonas productoras de Vid en Baja California (CESVBC, 2015).

En 1980 esta enfermedad fue reportada en Parras de la Fuente, Coahuila, por Raju, Teliz y Nyland (1980). En 2005 esta enfermedad se declaró oficialmente presente en Parras de la Fuente, Coahuila y posteriormente, en 2011, fue declarada en el municipio de Ezequiel Montes, Querétaro, constituyéndose en una amenaza para las regiones vitivinícolas de México (SENASICA, 2019b).

X. fastidiosa es una bacteria Gram negativa, limitada al xilema de las plantas; se transmite de forma persistente por especies de insectos chupadores de savia principalmente de la subfamilia Cicadellinae, conocidos comúnmente como “chicharritas” (Morente y Fereres, 2017). Diversos patotipos (subespecies) genéticamente diferenciados de esta bacteria se han asociado a numerosas enfermedades que causan pérdidas considerables en cultivos de importancia económica. Además de la subespecie *fastidiosa* la cual será el objetivo de este estudio, se conocen otras subespecies: *multiplex* en durazno (*Prunus persica*); *pauca*, con la clorosis variegada de los cítricos (CVC) en cultivos de cítricos y el decaimiento súbito del olivo en olivo (*Olea europea*); y *sandyi*, con la quemadura de la hoja de la adelfa o rosa laurel (*Nerium oleander*) (Baldi y La Porta, 2017; Janse y Obradovic, 2010).

Entre los principales vectores de *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* se encuentra *Homalodisca liturata* y *Xyphon fulgidum*, presentes en el estado de Baja California. A partir del 2003 el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California implementó la campaña contra la Enfermedad de Pierce, con actividades encaminadas a reducir el riesgo que representa la

enfermedad para la actividad vitivinícola en todas las zonas productoras de Vid en Baja California (CESAVBC, 2015).

En México para el ciclo agrícola 2018 se sembraron alrededor de 36,654 hectáreas de vid con una producción de más de 444,446 toneladas de uva anuales con un valor de producción de 9,138 mil millones de pesos (SIAP, 2019). Sonora, Zacatecas y Baja California se encuentran como los principales estados productores de uva en el país. Solo estos tres estados generan el 95% de la producción de uva nacional, para consumo en fresco (97 %), la industria de vinos y jugos (78 %) y fruta deshidratada (100 %) (SIAP, 2019).

Baja California es el primer estado con mayor producción de uva industrial y el tercer estado productor de uva de mesa, cuenta con una superficie sembrada de 4,617 hectáreas concentradas en el municipio de Ensenada, la producción promedio para el 2018 fue de 16,636 toneladas valoradas en 365,189.44 millones de pesos, con el 88% de la producción destinada para la elaboración de vino de mesa (SIAP, 2019), el municipio concentra 166 de las 195 unidades de producción de vid del estado, la producción de vino es de suma importancia para la economía, este posee una calidad internacional reconocida con más de 400 premios y reconocimientos internacionales (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2010).

La superficie sembrada de uva durante el periodo del 2010 al 2018 en Baja California registró un incremento (34%), sin embargo, tuvo un decremento en la producción de (17%), con una disminución de rendimiento por unidad de superficie (de 7.97 a 4.5 ton/ha) respecto al 2010 (SIAP, 2019). Esta reducción podría ser atribuida, entre otros factores, a la enfermedad de Pierce por la disminución de producción de las plantas con síntomas de enfermedad. En 2014 se encontraron 10 predios (137 ha) de 7 productores en el municipio de Ensenada, 43 plantas con diagnóstico positivo a *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* (CESAVBC, 2015).

A partir de la detección de *X. fastidiosa*, el SENASICA implementó acciones con el propósito de reducir y evitar la dispersión de la bacteria hacia otras zonas libres de la enfermedad. La Campaña Nacional contra la Enfermedad de Pierce se inició en el 2002 para controlar la enfermedad de Pierce y a sus vectores además de detectar oportunamente la presencia de la bacteria, mediante acciones de exploración, trampeo, muestreo, diagnóstico, control, capacitación, divulgación y supervisión. Esta Campaña continúa en operación, y las zonas vitícolas del Valle de Guadalupe, Baja California; Parras de la Fuente, Coahuila de Zaragoza, y Ezequiel Montes, Querétaro están bajo control fitosanitario (DOF, 2015b).

Anualmente se destina un presupuesto aproximado de 3 millones de pesos para acciones de trampeo de insectos vectores, exploración, muestreo, diagnóstico y control de focos de infestación mediante la implementación del control cultural y control químico del insecto, en los estados de Baja California, Coahuila y Querétarode (SENASICA, 2018a).

Debido a la importancia que presenta la producción de uva para la elaboración de vino de mesa en Baja California, se planteó la presente investigación con la finalidad de determinar las zonas bajo riesgo de dispersión de la enfermedad mediante Sistemas de Información Geográfica. Esto con la finalidad de orientar las medidas fitosanitarias de *X. fastidiosa subsp. fastidiosa* para evitar su dispersión en el resto del territorio mexicano.

1.1. Hipótesis

El estado de Baja California tiene condiciones ecológicas de alto riesgo para la dispersión de *Xylella fastidiosa subsp. fastidiosa* en las zonas vitivinícolas del estado.

1.2. Objetivos

Documentar la biología de *Xylella fastidiosa subsp. fastidiosa* y vectores presentes en Baja California para priorizar las variables biológicas que inciden directamente en la dispersión y establecimiento de la enfermedad.

Identificar las condiciones bioclimáticas y antrópicas que inciden en el establecimiento y dispersión de *Xylella fastidiosa subsp. fastidiosa* y sus vectores.

Construir modelos cartográficos de establecimiento de *Xylella fastidiosa subsp. fastidiosa* y sus vectores mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la orientación de medidas fitosanitarias.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Enfermedad de Pierce

La enfermedad de Pierce fue descrita por primera vez en 1880 por Newton Barris Pierce, en el Boletín No. 2 de Patología Vegetal, esto marcó el inicio de la investigación científica sobre la enfermedad al observar síntomas de clorosis y escaldaduras de hojas de vid en Anaheim (40,

000 acres), Orange County, California, Estados Unidos (Almeida, 2016; Nunney *et al.*, 2010; Janse y Obradovic, 2010). En 1973 Donald Hopkins y Hilton Mollenhauer de la Universidad de California, publicaron un artículo sobre una bacteria similar a *Rickettsia* asociada a la enfermedad de Pierce (Hopkins y Mollenhauer, 1973). Como resultado del primer cultivo axénico (proveniente de una sola célula microbiana) se la denominó "*Rickettsia*". Posterior a esto, diversos investigadores se refirieron a la bacteria como "bacteria fastidiosa" por tener un crecimiento muy lento en los medios de cultivo microbiológicos, limitada al xilema de las plantas (Hopkins, 1989; Kamas, *et al.*, 2010).

En 1978 Davis, Purcell y Thompson informaron del agente causal de la enfermedad de Pierce mediante la aplicación de los postulados de Koch: a) asociación constante de la bacteria con vides enfermas; b) aislamiento de la bacteria a partir de vides con síntomas de Pierce; c) reproducción de síntomas al inocular plantas sanas con la bacteria y d) reaislamiento de la bacteria (Almeida, 2016; Kamas, *et al.*, 2010). Una década después la bacteria fue descrita, clasificada y denominada como *Xylella fastidiosa* (Marco-Noales *et al.*, 2017; Almeida, 2016; Wells *et al.*, 1987). Es una bacteria limitada al xilema de las plantas; se ubica taxonómicamente en el Dominio Bacteria, clase Gamma de las proteobacterias, orden Xanthomonadales y familia Xanthomonadaceae (Landa *et al.*, 2017; EPP0, 2019), por sus características morfológicas de ausencia de flagelos, forma de varilla, pared celular ondulada y tamaño de 0.25 a 0.5 µm de diámetro y 0.9 a 4.0 µm de longitud (Almeida *et al.*, 2013), así como crecimiento óptimo entre 26 y 28 °C (Janse y Obradovic, 2010).

Si bien las células bacterianas carecen de flagelos, *X. fastidiosa* es muy eficiente en la colonización del xilema de las plantas debido al movimiento espasmódico (contracciones) (Chatterjee *et al.*, 2008) así como por la presencia de dos tipos de estructuras llamadas pilis. Los pili tipo I (fimbrias cortas) conocido como pili corto, es responsable de la formación de biopelículas y en la adhesión de células en la superficie (Landa *et al.*, 2017; Janse y Obradovic, 2010; Chatterjee *et al.*, 2008); y el pili tipo IV (fimbrias largas) localizado en uno de los polos de la célula favorece la migración o el movimiento vertical ascendente de la bacteria (Landa *et al.*, 2017; Almeida *et al.*, 2013; Caserta *et al.*, 2010; Janse y Obradovic, 2010).

X. fastidiosa crece a medida que desarrolla un biofilms tanto en los vasos del xilema de la planta como en el cybarium de insectos vectores (Caserta *et al.*, 2010). El desarrollo del biofilm de *X. fastidiosa* se puede dividir en cinco fases diferentes, incluyendo apego inicial, formación

de microcolonia, comienzo de maduración, biopelícula madura y dispersión. El crecimiento del biofilm confiere ventajas a los patógenos de las plantas promoviendo la virulencia y protección contra la defensa de las plantas, de las respuestas a las bacterias, pueden colonizar diferentes nichos en la planta, desde las superficies aéreas hasta las raíces y el sistema vascular, en los vasos, las biopelículas son muy importantes ya que las células necesitan sobrevivir en un hábitat competitivo donde los compuestos de defensa de la planta se producen en respuesta a la infección (Caserta *et al.*, 2010), como ejemplo de ello en la cepa 9a5c de *Xylella fastidiosa*, la fase de maduración se produce entre los días 15 y 20 *in vitro*, mientras que la dispersión se produce entre los días 25 y 30 de lo observado en la formación de biopelículas (Caserta *et al.*, 2010).

Los factores asociados a la virulencia en las cepas de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* son i) estrés hídrico debido a la obstrucción del xilema de la planta por la extensa colonización bacteriana, ii) producción de polisacárido bacteriano extracelular, y iii) formación de biopelículas y agregación celular (Chatterjee *et al.*, 2008a,b; Hopkins, 1989; Hopkins y Purcell, 2002).

Otros factores de patogenicidad que promueven la virulencia en *X. fastidiosa* incluyen la producción de enzimas degradadoras de la pared celular tales como glucanasas, xilanasas y poligalacturonasas (Roper *et al.*, 2007; Landa *et al.*, 2017). El genoma codifica una poligalacturonasa (*pglA*) que se sabe contribuye a degradar las membranas que separan los vasos del xilema, y que le ayuda a la colonización sistémica y su virulencia en el caso de vid (Roper *et al.*, 2007). Por lo tanto, las redes reguladoras que controlan la interacción de los pili de tipo I y tipo IV, las adhesinas y las enzimas degradadoras de la pared celular son inducidas en función de los niveles de densidad poblacional bacteriana (Chatterjee *et al.*, 2008; Landa *et al.*, 2017).

En *X. fastidiosa* los sistemas de comunicación de célula a célula, que se denominan como *quorum sensing*, permiten que las bacterias evalúen los niveles de su densidad de población por el uso de pequeñas señales difusibles, estos permiten a las bacterias coordinar la expresión de características o actividades solo cuando se ha alcanzado una densidad de población, y ayuda en la sincronización de la expresión de factores de virulencia, lo que da ventajas en la colonización de la planta huésped (Von Bodman *et al.*, 2003; Landa *et al.*, 2017). El *quorum sensing*, consiste en la difusión de factores de señalización de bajo peso molecular (DSF o *diffusing signaling factors*) que se acumulan a medida que la población bacteriana aumenta. Cuando la señal llega a

un cierto umbral, se activan diversas proteínas receptoras que a su vez activan cascadas de señales para modificar la expresión génica (Von Bodman et al., 2003; Landa *et al.*, 2017).

2.2. Síntomas de la Enfermedad de Pierce

Los síntomas de la enfermedad de Pierce son de tipo perenne y aparecen a finales del verano cuando las condiciones climáticas son predominantemente cálidas y secas y cuando las plantas muestran estrés por sequía (Smith, 2011).

En general, los síntomas que se desarrollan en las hojas y ramas con la enfermedad de Pierce son: clorosis intervenal, marchitez y defoliación prematura, también desarrollan otros síntomas conocidos como: “escaldadura (quemadura) de la hoja”, “islas verdes” y “cerillo”. El síntoma de escaldadura se presenta en las hojas como quemadura del tejido, de color marrón y llega a ocupar hasta la mitad de la hoja, estas lesiones comienzan en los márgenes de las hojas y avanzan de manera concéntrica hacia el punto de inserción del peciolo (SENASICA, 2014; Winkler, 1976). El síntoma de “islas verdes” resulta de la maduración irregular del peridermo en los tallos. En cuanto la enfermedad avanza, los tallos pueden presentar muerte regresiva y algunas plantas pueden no rebrotar en primavera dando la impresión de que fueron afectadas por muerte invernal (Appel, 2010). El cerillo se manifiesta cuando las plantas pierden las hojas, pero no los peciolos, los cuales permanecen unidos a la planta (Appel, 2010; Smith, 2011).

Los sarmientos que crecen irregularmente, maduran de manera tardía, presentan entrenudos cortos y manchas de color café con parches de tejido verdes. Los folíolos se desprenden de los peciolos los cuales quedan adheridos a las ramas de vid (SENASICA, 2019).

El síntoma de “pasificación del fruto” se observa a mediados del verano (agosto-septiembre) en plantas enfermas, las cuales producen muy pocos frutos y de muy baja calidad. Estos frutos normalmente se marchitan antes de la temporada de cosecha (Smith, 2011).

Es frecuente confundir los síntomas por *X. fastidiosa* con los provocados por estrés hídrico, sin embargo, la presencia de una banda amarilla o rojiza entre la zona verde y la zona seca de la hoja solo se presenta en plantas con la enfermedad de Pierce (Smith, 2011). Lo anterior es una característica significativa para identificar, de manera inicial, plantas enfermas de plantas con estrés hídrico. Así también, la enfermedad de Pierce puede ser confundida con una fitotoxicidad por boro o cobre, así como por una deficiencia de fósforo.

Las infecciones crónicas en los árboles reducen su tamaño y crecimiento, resultando por consiguiente en una producción baja, llegando a producir la muerte (Janse y Obradovic, 2010). Las variedades altamente susceptibles rara vez pueden sobrevivir más de 2-3 años, mientras que las variedades más tolerantes pueden sobrevivir a la infección crónica por más de cinco años (Goodwin y Purcell, 1992). En algunos hospedadores, las plantas infectadas se allanan, enanas o florecen temprano (UCIPM, 2017).

2.3. Importancia económica

Xylella fastidiosa subsp. *fastidiosa* afecta la rentabilidad y la producción comercial de *Vitis vinifera* en la mayor parte de las zonas productoras de uva del sureste de los Estados Unidos. Se observó y registró por primera vez en la década de 1880 cuando destruyó cerca de 40,000 acres de vides en la cuenca de Los Ángeles. Las infecciones localizadas de la enfermedad han ocurrido en el valle de Napa desde la década de 1880. A principios de la década de 1990, los productores de los condados de Napa y Sonoma comenzaron a informar la propagación de la enfermedad en el norte (Siebert, 2011).

Desde 1994, más de 1,000 acres del condado de Napa y Sonoma han extraído y replantado vides (el total de acres de 1999 fue de 66,700 acres) debido a la enfermedad de Pierce con un costo estimado para los productores de más de \$ 30 millones en pérdida de ingresos, producción y replantación de gastos (Siebert, 2011).

En el verano de 1999, los viticultores de Temecula, en el condado de Riverside, experimentaron muerte de la vid de más de 200 acres (alrededor de 80 ha). El impacto económico de la pérdida en la producción de 1998 a 1999 fue del 36% en pérdida de producción, así como en otras variables económicas como el empleo y renta regional y estatal (Siebert, 2001).

La Universidad de California reportó que entre los años 1994 y 2000, esta enfermedad destruyó cerca de 1000 acres (aproximadamente 500 ha) cultivados con vid en el estado de California, ocasionando pérdidas de 30 millones de dólares (CDFA, 2010). La enfermedad de Pierce es una enfermedad letal que afecta a las vides mediante el bloqueo de los tejidos vasculares de la planta (xilema), en un periodo de 1-2 años de la infección inicial, persistiendo tanto el vector como la bacteria alrededor de un año (Luck et al., 2010).

En el año fiscal 2009-2010, el estado de California gastó \$ 18.6 millones en prevenir la propagación de la chicharrita de alas cristalinas (glassy winged shapshooter), topografía y detección, respuesta a brotes o infestaciones de chicharritas (Tumber *et al.*, 2014).

De 1999 a 2010, la industria y los gobiernos estatales y locales en conjuntos gastaron aproximadamente \$ 544 millones de dólares en la enfermedad de Pierce y programas para la propagación de chicharritas. En Estados Unidos el costo de la enfermedad de Pierce se ha estimado en unos 104. 4 millones de dólares anuales de los cuales 48.3 millones corresponden a gastos relacionados con actividades llevadas a cabo por agencias gubernamentales e industrias viveristas y los 56.1 millones restantes a las pérdidas directas por la enfermedad y al reemplazo de la vid por los viticultores (Tumber *et al.*, 2014).

La Enfermedad de Pierce ha causado pérdidas de rendimiento del 20-40% en almendros de California, EUA (Sisterson *et al.*, 2012), y 9 % de los árboles infectados murieron en un periodo de ~7 años. Un aumento de 1 % en la incidencia de la enfermedad, causó la pérdida de hasta 1,28 bolsas (60 kg) de café por hectárea en Brasil (Rocha *et al.* 2006).

En México, se siembran alrededor de 36,654 hectáreas de vid con una producción de más de 444,446 toneladas de uva anuales con un valor de producción de 9,138 mil millones de pesos (SIAP, 2019). Sonora, Zacatecas y Baja California se encuentran como los principales estados productores de uva en el país. Solo estos tres estados generan el 95% de la producción de uva nacional, para consumo en fresco (97 %), la industria de vinos y jugos (78 %) y fruta deshidratada (100 %) (SIAP, 2019).

Baja California es el primer estado con mayor producción de uva industrial y el tercer estado productor de uva de mesa, cuenta con una superficie sembrada de 4,617 hectáreas concentradas en el municipio de Ensenada, la producción promedio para el 2018 fue de 16,636 toneladas valoradas en 365,189.44 millones de pesos, con el 88% de la producción destinada para la elaboración de vino de mesa (SIAP, 2019), el municipio concentra 166 de las 195 unidades de producción de vid del estado, la producción de vino es de suma importancia para la economía, este posee una calidad internacional reconocida con más de 400 premios y reconocimientos internacionales (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2010).

En 1995 la enfermedad de Pierce por *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* se declaró oficialmente en el Valle de Guadalupe, Baja California; posteriormente en 2005 se declaró en Parras de la Fuente, Coahuila y poco después en 2011, en el municipio de Ezequiel Montes,

Querétaro, constituyéndose en amenaza para la vitivinicultura en México (SENASICA, 2019b; CESVEBC, 2015).

Con la detección de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* el gobierno de México implementó acciones con el propósito de reducir y evitar la dispersión de la bacteria hacia otras zonas libres de la enfermedad. En el año 2002, estableció la Campaña Nacional contra la Enfermedad de Pierce orientada no solo a controlar (erradicar) la enfermedad de Pierce y a sus vectores sino también a detectar oportunamente la presencia de la bacteria para evitar su propagación en los municipios con presencia y en los municipios adyacentes a estos (DOF, 2014).

Esta Campaña continúa en operación en las zonas vitícolas del Valle de Guadalupe, Baja California; Parras de la Fuente, Coahuila de Zaragoza, y Ezequiel Montes, Querétaro, las cuales se encuentran bajo control fitosanitario (DOF, 2015b). Anualmente se destina un presupuesto aproximado de 3 millones de pesos para acciones de trapeo de insectos vectores, exploración, muestreo, diagnóstico y control de focos de infestación mediante la implementación del control cultural y control químico del insecto, en los estados de Baja California, Coahuila y Querétaro (SENASICA, 2018a).

Del inicio de la Campaña Nacional contra la Enfermedad de Pierce a la actualidad el gobierno de México ha invertido millones de pesos; sin embargo, no hay registros estimados de pérdidas económicas por la enfermedad, en especial la que asumen los productores en la sustitución de las plantas infectadas con *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*. A nivel nacional en diciembre de 2018 SENASICA (2018) reportó una incidencia de 188 plantas positivas colectadas en los estados de Baja California, Coahuila y Querétaro, lo que nos deja entrever la inversión que los productores han realizado para la sustitución de plantas.

2.4. Distribución de *Xylella fastidiosa* a nivel internacional

Se han propuesto seis subespecies diferentes de *Xylella fastidiosa* (EFSA, 2019a): *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, *X. fastidiosa* subsp. *multiplex*, *X. fastidiosa* subsp. *pauca*, *X. fastidiosa* subsp. *sandyi*, *X. fastidiosa* subsp. *tashke* y *X. fastidiosa* subsp. *morus* (Figura 1).

X. fastidiosa subsp. *fastidiosa* causante de la Enfermedad de Pierce, ha sido reportada en América, en Estados Unidos de América (California, Distrito de Columbia, Florida, Georgia, Luisiana, Maryland, Texas y Carolina del Norte) [Goheen *et al.*, 1978; Postnikova *et al.*, 2008], Costa Rica, México (Baja California, Coahuila y Querétaro) [Aguilar *et al.*, 2008; Nunney *et al.*,

2010], en Asia se reporta en Taiwan, y en Europa en Alemania y España (Islas Baleares) (EPPO, 2018).

X. fastidiosa subsp. *multiplex* está vinculada a las enfermedades por quemadura de las hojas de los árboles, en Brasil es considerado como el resultado de una introducción de los EE. UU. asociada con las ciruelas (Nunes et al., 2003; Almeida et al., 2008; Nunney et al., 2012b).

X. fastidiosa subsp. *pauca* causa clorosis variada de los cítricos en *Citrus* spp., pero también se encuentra en plantas de café. Esta subespecie está asociada con olivos en Argentina (Haelterman et al., 2015), Brasil (Coletta-Filho et al., 2016) e Apulia, Italia, agente causal del decaimiento súbito del olivo (*Olive Quick Decline Syndrome*, OQDS) (Marco-Noales et al., 2017; Saponari et al., 2013; Elbeaino et al., 2014).

X. fastidiosa subsp. *sandyi* es responsable de la quemadura de la hoja de adelfa, pero también se asocia con *Jacaranda* spp., *Daylily* y *Magnolia* (Schuenzel et al., 2005; Hernandez-Martinez et al., 2007). Además, hay otras dos subespecies propuestas, *X. fastidiosa* subsp. *tashke* (Randall et al., 2009), en asociación con la quemadura de la hoja de Chitalpa tashkentensis, y *X. fastidiosa* subsp. *morus* (Nunney et al., 2014b), causando quemaduras en las hojas de morera roja (*Morus rubra*). Estas dos últimas subespecies fueron raramente informados (EFSA, 2019a; EFSA, 2018a).

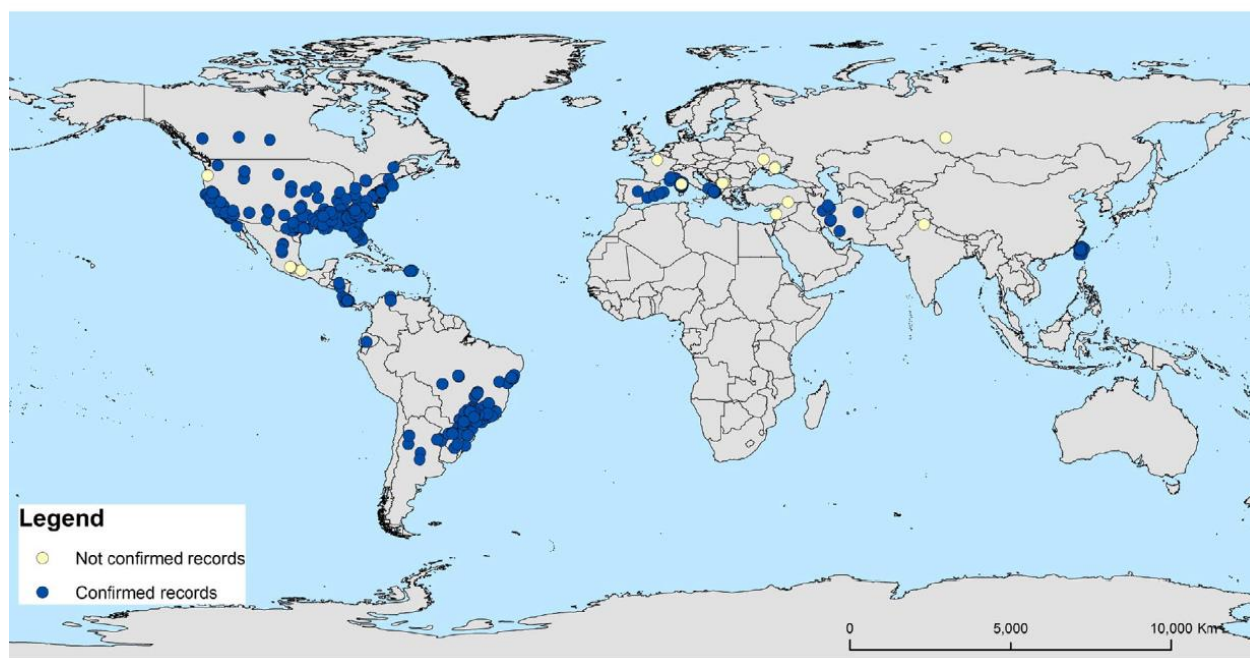


Figura 1. Distribución mundial de *Xylella fastidiosa*. Fuente: EFSA, 2018a.

2.5. Diversidad genética de *Xylella fastidiosa*

2.5.1. Especies

Xylella fastidiosa era la única especie dentro del género *Xylella*. Sin embargo, a partir del 2016, se describió una nueva especie clasificada como *Xylella taiwanensis*, agente causal del chamuscado del peral asiático (*Pyrus pyrifolia*). Este agente se observó en 1994, en Taiwán, Asia, sin embargo aun no esta completamente comprendido (Su *et al.*, 2016).

2.5.2. Subespecies

En un inicio se consideraba que *X. fastidiosa* estaba constituida por un grupo homogéneo de bacterias que causaban enfermedad en una gama amplia de hospedantes. Sin embargo, con métodos de genotipado, de secuencias de DNA mostraron que *X. fastidiosa* incluye varios genotipos (subespecies) genéticamente diferenciados como *fastidiosa*, *morus*, *multiplex*, *pauca*, *sandyi* y *taskhe* (Chen *et al.*, 1992; Marco-Noales *et al.*, 2017; Almeida y Nunney, 2015; Nunney *et al.*, 2014b; Randall *et al.*, 2009). Las subespecies *fastidiosa* y *multiplex* están reconocidas por la Sociedad Internacional del Comité de Patología Vegetal de Taxonomía de Bacterias Patógenas de Plantas (ISPP-CTPPB) (Bull *et al.*, 2012; Marco-Noales *et al.*, 2017).

Algunos datos relevantes sobre las subespecies de *X. fastidiosa* son los siguientes.

La subespecie *fastidiosa* es el agente causal de la enfermedad de Pierce. Esta subespecie es la mejor caracterizada genéticamente y la más diversa en América Central. Ha encontrado una amplia gama de hospedantes en plantas perennes, arbustos y árboles (EFSA, 2018). Se considera que la presencia de *X. fastidiosa* subespecie *fastidiosa* en Estados Unidos es resultado de una introducción desde América Central ocurrida hace más de 100 años (EFSA, 2016; Nunney *et al.*, 2010).

La subespecie *multiplex*, hasta ahora, parece tener el rango de hospedantes más amplio, en términos de plantas que expresan síntomas de enfermedad (Nunney *et al.*, 2013). Se subdivide en varios subgrupos, asociados con plantas hospedantes específicas en los géneros *Prunus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Rubus* y *Morus* entre otros (EFSA, 2016; Nunney *et al.*, 2013). La presencia de la subespecie *multiplex* en Brasil es considerado como el resultado de una introducción de los Estados Unidos asociada con las ciruelas (Nunney *et al.*, 2012).

La subespecie *morus*, infecta mora (*Rubus* sp.) en Estados Unidos, es una recombinación genética entre las subespecies *fastidiosa* y *multiplex* de acuerdo con datos de tipificación (EFSA, 2016; Nunney *et al.*, 2014a; Sicard, *et al.*, 2018).

La subespecie *pauca* causante de la Clorosis Variegada de los Cítricos en Brasil y del síntoma de quemadura de hojas del olivo. El genotipo presente en Italia es el resultado de recombinaciones de alelos entre los aislados de *pauca* (Cardidi *et al.*, 2014; EFSA, 2016).

La subespecie *sandyi* está constituida por aislamientos que aún no están totalmente caracterizados y su biología no se conoce bien (Yuan *et al.*, 2010). El origen de esta subespecie no es claro, pero datos genómicos sugieren que este clado pudiera ser parte de la subespecie *fastidiosa* (Sicard *et al.*, 2018).

La subespecie *taskhe* incluye aislamientos que causan enfermedad en un árbol ornamental llamado *Chitalpa tashkensis* (Bignoniaceae). La ubicación filogenética de esta subespecie está en duda y podría tratarse de una de las otras subespecies actualmente reconocidas (EFSA, 2016; Randall *et al.*, 2009).

El movimiento de material vegetal mediado por la movilidad humana ha contribuido a la diseminación de las subespecies de *X. fastidiosa* y a la infección de sus hospedantes. Datos genéticos disponibles sugieren que las subespecies *fastidiosa*, *multiplex* y *pauca* tienen un origen alopatrico, es decir, su especiación es resultado de aislamiento geográfico en América Central, Norteamérica templada y subtropical y Sudamérica, respectivamente (Sicard *et al.*, 2018; Nunney *et al.* 2012, 2014a; Nunney *et al.* 2010).

2.5.3. Secuencias tipo

Actualmente se han descrito 725 secuencias tipo (*Sequence Types*, STs por sus siglas en inglés) de *X. fastidiosa* a nivel mundial (EFSA, 2018a). La asignación de un aislado de *X. fastidiosa* a nivel de subespecie o grupo genético, se basa en la amplificación y secuenciación de siete genes de mantenimiento o análisis multilocus (Marco-Noales *et al.*, 2017; Yuan, *et al.*, 2010).

El mayor número de registros reportados es para *X. fastidiosa* subsp. *pauca* (285) identificadas en Centroamérica y Sudamérica (Argentina, Brasil, Costa Rica y Ecuador) y en

Europa (Italia, Francia y España). Los registros reportados para *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* fueron 128, identificadas en Estados Unidos, Costa Rica, España y México (EFSA, 2018a).

En México se reportó el grupo genético ST1 perteneciente a *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* aislado de *Vitis* sp. y *Vitis vinifera* aunque también se reporta la existencia de un grupo genético ST75 no identificado en plantas de *Coffea canephora*, perteneciente a la subespecie *fastidiosa* y/o *sandyi* (EFSA, 2018a). Este último dato no está confirmado por fuentes oficiales en México.

2.6.Hospedantes

Xylella fastidiosa puede infectar a un gran número de especies vegetales las cuales ascienden a más de 563 especies vegetales pertenecientes a aproximadamente 80 familias y a 264 géneros botánicos (EFSA, 2018a). Las actualizaciones del número de especies infectadas por la bacteria se pueden consultar en los sitios de la Comisión Europea para la Seguridad de los Alimentos (EFSA, por sus siglas en inglés).

Las especies hospedantes comprenden tanto plantas herbáceas (algunas consideradas como malezas o vegetación silvestre) como arbustivas o leñosas, cultivadas o adventicias, de uso agrícola u ornamental. Algunas desarrollan síntomas, y otras no, son asintomáticas. Las enfermedades ocasionadas por *X. fastidiosa* son muy diversas como el número de hospedantes que tiene la bacteria. Todas estas plantas son de importancia por el papel que juegan en la epidemiología de las enfermedades ocasionadas por la bacteria.

Las especies reportadas por la European Food Safety Authority (EFSA) [2018] para *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* comprenden alrededor de 75 especies, 33 plantas infectadas naturalmente y 42 especies de plantas infectadas experimentalmente, resaltando el daño en cultivos de importancia económica como la vid (*Vitis vinifera* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), maple (*Acer* spp.), almendro (*Prunus dulcis* Mill., L.), café (*Coffea arabica*), durazno (*Prunus persica*), naranja (*Citrus cinensis*) (EFSA, 2018a):

Plantas experimentalmente infectadas: *Amaranthus blitoides*, *Ambrosia acanthicarpa*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Catharanthus roseus*, *Chenopodium quinoa*, *Conium maculatum*, *Convolvulus arvensis*, *Cyperus esculentus*, *Datura wrightii*, *Dendranthema x grandiflorum*, *Echinochloa crus-galli*, *Erigeron canadensis*, *Eriochloa gracilis*, *Erodium moschatum*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus globulus*, *Helianthus annuus*, *Ipomoea purpurea*, *Lactuca serriola*, *Malva parviflora*, *Medicago sativa*, *Nicotiana glauca*, *Nicotiana tabacum*, *Olea*

europaea, *Portulaca oleracea*, *Prunus dulcis*, *Prunus persica* x *P. webbii*, *Prunus* sp., *Prunus webbii*, *Rubus ursinus*, *Rumex crispus*, *Simmondsia chinensis*, *Solanum lycopersicum*, *Solanum melongena*, *Sonchus oleraceus*, *Sorghum halepense*, *Vaccinium corymbosum*, *Vaccinium* sp., *Vicia faba*, *Vicia sativa*, *Vitis vinifera*, *Xanthium strumarium*.

Plantas naturalmente infectadas: *Acer* sp., *Calicotome spinosa*, *Cercis occidentalis*, *Cistus monspeliensis*, *Citrus sinensis*, *Coffea arabica*, *Erysimum hybrids*, *Genista lucida*, *Juglans regia*, *Lupinus aridorum*, *Magnolia grandiflora*, *Medicago sativa*, *Metrosideros* sp., *Nerium oleander*, *Pluchea odorata*, *Polygala myrtifolia*, *Prunus avium*, *Prunus dulcis*, *Prunus persica*, *Rhamnus alaternus*, *Rosmarinus officinalis*, *Sambucus canadensis*, *Sambucus* sp., *Spartium junceum*, *Streptocarpus hybrids*, *Vitis aestivalis*, *Vitis aestivalis hybrid*, *Vitis candicans*, *Vitis cinerea* var. *helleri* x *V. vulpina*, *Vitis girdiana*, *Vitis rotundifolia*, *Vitis* sp., *Vitis vinifera*.

El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) reconoce a *Vitis vinifera* como el único hospedante de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* y a *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* como el agente de la enfermedad de Pierce en las diferentes variedades de uva que se cultivan en México (SENASICA, 2019b). La investigación realizada por Legendre *et al.* (2014) sugiere la presencia de la bacteria en plantas de café, sin embargo, no existen registros en fuentes oficiales como el SENASICA que confirmen la información.

2.7. Epidemiología de la enfermedad

La epidemiología de la enfermedad de Pierce es diversa y depende de la región, clima, vegetación herbácea y paisaje, así como de las especies de insectos vectores (Navas *et al.*, 2017). El desarrollo de la enfermedad depende de la planta huésped, de la habilidad de la bacteria para propagarse desde el punto de infección y de la capacidad de desarrollar una población que infecte de manera sistémica a la planta (Chatterjee *et al.*, 2008; Navajas *et al.*, 2017).

X. fastidiosa subsp. *fastidiosa* se transmite de planta a planta por insectos vectores especializados (Janse y Obradovic, 2010; Kyrkou *et al.*, 2018). La transmisión de la bacteria es única entre los patógenos de plantas pues la bacteria es capaz de multiplicarse dentro del vector y ser transmitida sin requerir un periodo de latencia (Chatterjee *et al.*, 2008), no presentan transmisión trans-estadial o trans-ovarial (Blanco Rodríguez, 2014; Janse y Obradovic, 2010).

Los vectores de la enfermedad de Pierce son hemípteros pertenecientes al suborden Cicadomorpha. Especies de las superfamilias Cercopidae, Cicadoidea y Cicadellidae (subfamilia Cicadellinae) se identifican como sus principales vectores, los insectos de la subfamilia Cicadellinae tienen el nombre común de "chicharritas" y los de la familia Cercopidae "salivazos" (Morente y Fereres, 2017; Almeida *et al.* 2005; CESA-VBC, 2015). Estos insectos vectores se caracterizan por tener una potente musculatura en la cabeza que les permite succionar el xilema a niveles altos de tensión negativa (Morente y Fereres, 2017; Redak *et al.*, 2004; Ranieri *et al.*, 2020; Raven, 1983).

La subfamilia Cicadellinae es un grupo muy diverso de aproximadamente 1.950 especies (Mejdalani, 1998). Por lo general están ligadas a zonas de vegetación abundante como pastos o cultivos de cereales (Redak *et al.*, 2004). En el continente americano se han identificado 38 especies y 19 géneros de la subfamilia Cicadellinae (EFSA, 2015). De estos, los más importantes son *Graphocephala atropunctata* (Signoret), *Draeculacephala minerva* (Ball), *Xyphon fulgida* (Nottingham) y *Homalodisca vitripennis* (German) (Redak, *et al.*, 2004; Janse y Obradovic, 2010) que comparten la característica de que pasan el invierno en estado adulto en la vegetación herbácea que rodea a los viñedos y una vez llegada la primavera se desplazan hacia el cultivo de vid para alimentarse, por lo tanto *X. fastidiosa* puede sobrevivir al invierno en el vector, así como en las plantas infectadas (Morente y Fereres, 2017; Berkeley, 2018). En California, Estados Unidos, existen al menos 20 especies reportadas pertenecientes a las familias Cicadellidae y Cercopidae.

En general, se ha demostrado que los Cicadélidos son muy eficientes en la transmisión de la bacteria. De acuerdo a Redak, *et al.* (2004) las tasas de transmisión de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* *Draeculacephala minerva* es del 3% de vid a almendro, y del 1% de vid a alfalfa, así como *Graphocephala atropunctata* tiene tasa de transmisión del 33% de uva a almendro y el 35% de vid a alfalfa, a su vez *Xyphon fulgidum* (= *Carneocephala fulgida*) tiene tasa de transmisión de 18 a 48% de vid a vid. *Homalodisca liturata* (= *H. lacerta*) reportado como vector de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* no existen datos de transmisión.

En Ensenada, Baja California, México Díaz (2003) señala que, en la costa se han encontrado los siguientes vectores: chicharrita cabeza roja (*Xyphon fulgidum* = *Carneocephala fulgida*), chicharrita verde (*Draeculacephala minerva*), chicharrita verde-azulada (*Graphocephala atropunctata*), además de *Homalodisca liturata* (= *Homalodisca lacerta*).

La transmisión de *X. fastidiosa* en los vectores se produce en el siguiente orden: a) adquisición de la bacteria desde la planta fuente, b) anclaje y retención de la bacteria en la cutícula del cibario del vector, y c) desprendimiento e inoculación en un nuevo hospedador (Chatterjee et al., 2008).

Los insectos adquieren a *X. fastidiosa* cuando el aparato bucal picador-chupador entra en contacto con savia infectada, a medida que el líquido del xilema se introduce en el insecto, las células bacterianas se adhieren a la superficie cuticular del intestino (cavidad bucal que se compone del “precibarium”: canal estrecho que transporta de los estiletes a la bomba cibarial y cibarium que es la bomba de succión) para posteriormente ser transportada al esófago, en donde se multiplica y forma una cápsula de protección o biofilm donde queda encerrada y protegida en un “glicocalix” bacteriano (hecho de polisacárido y proteína), extrayendo nutrientes del fluido del xilema cuando se bombea a través del insecto (Redak, et al, 2004; Gould y Lashomb, 2005 y 2007; Backus y Morgan, 2011). Una vez que el insecto ha adquirido a la bacteria, tiene un periodo de latencia muy corto pues puede transmitirla en un lapso de 1 a 2 horas a un nuevo hospedante (Purcell y Finlay, 1979; Gould y Lashomb, 2007; Chatterjee et al., 2008). En las primeras etapas de la alimentación las células bacterianas se desprenden y se bombean directamente al xilema, donde se produce el movimiento sistémico dentro del hospedante. Los insectos adultos pueden transmitir a la bacteria durante toda su vida pero no existe evidencia de transmisión a la descendencia. En el caso de que *X. fastidiosa* sea adquirida por las ninfas esta se pierde tras la muda (Gould y Lashomb, 2005; Gould y Lashomb, 2007).

A lo largo de los primeros días tras la adquisición de *X. fastidiosa*, la baja concentración bacteriana en el aparato bucal del vector hace que la bacteria sea indetectable, aunque el vector ya sea infectivo (Morente y Fereres, 2017). Sin embargo, la densidad de población de la bacteria en la planta hospedadora influye en la eficiencia de adquisición de la bacteria, ya que un mayor número de células facilita los encuentros vector-patógeno (Hill y Purcell, 1997; Almeida, 2016).

La enfermedad inicia cuando los insectos inoculan directamente las células bacterianas en el sistema vascular de las plantas. En ese tejido la bacteria se multiplica y propaga a través del xilema (Appel, et. al., 2010) bloqueando los vasos del xilema por la proliferación de masas bacterianas, secreción de biopelículas y tilosas generadas como parte del sistema de defensa de la planta (Janse y Obradovich, 2010; Almeida, 2016; Costello et. al., 2017).

La inoculación se hace más efectiva con el aumento del tiempo que el vector está en contacto con el xilema de la planta (Almeida y Purcell, 2003). Muchas de las células que se inoculan en el hospedador mueren, un mayor tiempo de inoculación favorecerá un mayor asentamiento de bacterias en la planta (Almeida *et al.*, 2005).

De acuerdo con Caserta *et al.*, (2010) y Sauer *et al.*, (2002) al ser inoculada la bacteria en los vasos del xilema del hospedante, las biopelículas son muy importantes ya que las células necesitan sobrevivir en un hábitat competitivo donde los compuestos de defensa de la planta se producen en respuesta a la infección. Menciona que el desarrollo de biopelículas se divide en al menos cinco fases: (i) adherencia celular reversible a una superficie, (ii) adherencia irreversible, (iii) inicio de la maduración de la biopelícula, (iv) biopelícula madura y (v) dispersión de la biopelícula. Ejemplo de ello, en la cepa 9a5c de *X. fastidiosa*, la fase de maduración se produce entre los días 15 y 20 *in vitro*, mientras que la dispersión se produce entre los días 25 y 30, la motilidad también es un factor importante no solo para el inicio y desarrollo del biofilm, sino también para la dispersión (Caserta *et al.*, 2010).

Una vez en la planta, la bacteria se puede mover por el xilema desde el punto de inoculación en un nuevo crecimiento. Las enfermedades que ocurren en primavera o principios del verano se vuelven crónicas, porque las bacterias tienen tiempo suficiente para migrar a partes de la vid (es decir, el cordón y el tronco no se podan anualmente). Las infecciones que se presentan al final de la temporada no tienen posibilidad de volverse crónicas porque la poda severa de invierno remueve partes infectadas de la vid antes de que *X. fastidiosa* pueda migrar al cordón para hibernar (Rapicavoli *et al.*, 2018).

Como resultado de la infección las plantas presentan estrés hídrico, disminución del vigor (hojas y frutos), en infecciones crónicas, reduce el tamaño y crecimiento provocando una reducción de productividad, enanismo, lo que puede conducir a la muerte de la planta (Hopkins y Purcell, 2002; Janse y Obradovic, 2010; Costello *et al.*, 2017). Las variedades altamente susceptibles rara vez pueden sobrevivir más de 2-3 años, mientras que las variedades más tolerantes pueden sobrevivir a la infección crónica por más de cinco años (Goodwin y Purcell, 1992).

Los primeros estudios sobre la dinámica espacial de las enfermedades causadas por *X. fastidiosa* se realizaron en vides de California afectadas por la enfermedad de Pierce, estos sugerían que la dispersión de la bacteria se daba desde fuentes externas hacia el viñedo por

Graphocephala atropunctata como principal vector (Purcell, 1974; Morente y Fereres, 2017). La mayor incidencia de la enfermedad se presenta en los bordes del viñedo decreciendo hacia el interior de este con transmisión limitada entre plantas adyacentes. Purcell (1974) indicó que ocurre porque los bordes del viñedo se encuentran cerca de la vegetación natural riparia; es decir cerca del refugio natural de los insectos vectores (Purcell, 1974; Morente y Fereres, 2017). Purcell (1974) indicó una mayor incidencia de la Enfermedad Pierce cerca de la vegetación natural riparia que actúa como refugio de los insectos vectores y decrece con la distancia a esta (hasta los 120-150 m). Hewitt *et al.* (1946) observó un gradiente en la incidencia de la enfermedad cercano al 40 % en las hileras de plantas más próximas a campos de alfalfa con un descenso gradual hacia el interior del viñedo. Sin embargo, en los estados del «Gulf Coastal Plain» del sudeste de EEUU, la transmisión planta a planta es la que predomina, y se caracteriza por un patrón de distribución agregado (Hopkins y Purcell, 2002).

En California, Estados Unidos, la enfermedad de Pierce se presenta en los bordes del viñedo y cerca de pastizales. Estos hábitats albergan especies de malezas que sirven como fuente primaria de alimento para *Xyphon fulgida* y *Draeculacephala minerva*. Las plantas de vid, en este caso, se catalogan como “hospedantes de alimentación accidental” de los insectos vectores por haber sido estos desplazados de su hábitat preferido debido al control de las malezas (Purcell y Frazier, 1985; Hopkins y Purcell, 2002).

La bacteria se ha detectado en muchas plantas silvestres (con frecuencia solo de modo latente), como hierbas, juncos y diversos árboles (Freitag, 1951; Raju *et al.*, 1983; Hartman, 1991, 1992, 2003; Blake, 1993; Hernandez-Martines *et al.*, 2007). Tomando en cuenta que los insectos pueden alimentarse de una amplia gama de plantas silvestres a lo largo de la temporada; es importante analizar el mayor número de reservorios potenciales de la bacteria. Estos reservorios de *X. fastidiosa* en las plantas silvestres pueden encontrarse dentro del viñedo o en un hábitat circundante (López *et al.*, 2017), debido a que la vegetación ribereña (adyacentes a fuentes de agua, como arroyos o pasajes irrigados) es el principal hábitat de reproducción de las chicharritas.

En países donde hay genotipos conocidos de la bacteria, no se pueden aventurar de forma exacta los huéspedes potencialmente afectados y los daños previsibles, basándose en la experiencia de otras zonas, ya que en cada lugar hay que considerar el papel de los vectores locales, que es crucial y determinante para la gravedad de la enfermedad, las condiciones

climáticas particulares de cada región, y las especies vegetales circundantes que pueden actuar como reservorio (López *et al.*, 2017).

Xyphon fulgidum (= *Carneocephala fulgida*) y *Draeculacephala minerva* pasan el invierno en hábitats riparios (bancos de arroyos) y, en la primavera y el verano, se mueven en viñedos donde se alimentan de vides. Estos se alimentan exclusivamente de nuevos brotes suculentos debido a su aparato bucal (Purcell, 1975), a diferencia de *Homalodisca vitripennis* cuyo aparato bucal le permite alimentarse tanto de un nuevo brote suculento como de tallos leñosos moverse dentro de él sin tener que recurrir a vegetación externa (Purcell y Saunders, 1999; Rapicavoli *et al.*, 2018).

De acuerdo a Baumgartner y Warren (2005) la incidencia de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* es mayor en vides que están contiguas a fuentes de agua, como arroyos o pasajes irrigados por ser los hábitats preferidos de los insectos vectores.

X. fastidiosa se presenta en regiones donde los inviernos no son muy fríos por ser sensible a bajas temperaturas, a causa de la susceptibilidad al clima las concentraciones de la bacteria en los hospedantes fluctúan estacionalmente (Gould y Lashomb, 2007). Tiene un crecimiento óptimo de los 25°C a los 28°C (32°C), es sensible a bajas temperaturas menores que 15°C, y a temperaturas por encima de 34°C o por debajo de 5 u 8 °C, las cuales limitan su supervivencia (Feil y Purcell, 2001). Debido a esto puede sobrevivir en las partes de la planta donde están más protegidas (raíces y troncos leñosos); conforme incrementa la temperatura la concentración de la bacteria se incrementa, y comienza a moverse de forma acropétala hacia las partes más distantes de la planta (Gould y Lashomb, 2007).

En California, Estados Unidos, la bacteria es detectada hasta mayo o a principios de junio, alcanzando su máximo nivel en el xilema en verano y decreciendo paulatinamente a principio del invierno (Hopkins y Thompson, 1984). En naranjo dulce en Florida (EEUU) su comportamiento es similar a viñedo, alcanzando su mayor nivel poblacional al final del verano, decrece en otoño, y alcanza un nuevo pico en invierno (Hopkins, 1980), el pico invernal puede ser debido a la multiplicación de la bacteria en los tejidos subterráneos, al final de la época de invierno y al transporte hacia los tejidos aéreos a partir de enero (Chang y Walker, 1988).

En Baja California, México, la mayor detección de la bacteria en plantas de vid también tiene lugar en el verano, siendo los picos mayores de detección en los meses de julio a septiembre. A la fecha se carece, en México, de estudios sobre la supervivencia de esta bacteria

en la estación de otoño-invierno y de como influyen las altas temperaturas en la incidencia de la enfermedad. Es necesario generar investigación en estas líneas para comprender la epidemiología de la enfermedad en territorio mexicano.

2.8. Técnicas de detección y diagnóstico

Xylella fastidiosa Wells y cols., 1987 es el agente causal de muchas enfermedades de plantas económicamente importantes de cultivos agronómicos y hortícolas como *Vitis vinifera*, *Prunus domestica*, *Prunus dulcis*, *Citrus sinensis*, *Olea europaea*, *Ulmus* spp. y *Quercus* spp. *X. fastidiosa* tiene una amplia gama de hospedantes en expansión (EFSA, 2016; Comisión Europea, 2018). *X. fastidiosa* también está ampliando su rango geográfico. Hasta hace poco, se distribuía principalmente en todo el continente americano (Almeida y Nunney, 2015), pero ahora hay informes de brotes en Asia y Europa (EPPO, 2018a) por tal motivo la detección e identificación confiable de *X. fastidiosa* es muy importante, no solo por su estatus de bacteria cuarentenaria a nivel global, sino también porque las diferentes subespecies son marcadamente diferentes en su rango de hospedantes (EFSA, 2016).

La inspección y la toma de muestras son pasos clave del proceso completo del diagnóstico. Una buena toma y un buen manejo de muestras puede influir positivamente en el resultado de los análisis posteriores, y en el caso de graves enfermedades, como las causadas por *X. fastidiosa*, la prevención de nuevas introducciones mediante el diagnóstico sensible y específico de las muestras es esencial. Los muestreos deben realizarse durante el período vegetativo de las plantas. En vid, el mejor período para la observación de síntomas, según la experiencia de EEUU, es el final del verano y el principio de otoño (López *et al.*, 2017).

Las pruebas de laboratorio son utilizadas para el diagnóstico definitivo de la enfermedad y existen diversos de estas. El primero y el más antiguo es el aislamiento de la bacteria (Appel, 2010), sin embargo, el crecimiento de *X. fastidiosa in vitro* resulta complicado en medios convencionales ya que requiere medios de cultivo especializados como PD2, PWG, CS20 y BYCE (Janse y Obradovich, 2010; modificado de Hill y Purcell, 1995; Wells *et al.*, 1981; Davis *et al.* 1980) que contengan fuentes de carbono como glutamina y sero-albumina (Landa *et al.*, 2017), en estos medios el crecimiento de *X. fastidiosa* es relativamente rápido (10-15 días) y se elimina el crecimiento de organismos saprófitos.

Las técnicas moleculares, se han utilizado desde la década de 1990, para detectar a *X. fastidiosa* se han utilizado iniciadores específicos en plantas e insectos. El uso de diferentes genes, solos o en combinación, ha sido explotado para aumentar el nivel de sensibilidad y especificidad de las pruebas. Como ejemplo el uso del gen que codifica el polipéptido de la subunidad girasa (*gyrB*) en combinación con el ADNr 16S (Baldi y La Porta, 2017; Rodrigues *et. al.*, 2003).

El análisis multilocus de secuencias (Multi Locus Sequence Typing, MLST) basado en la amplificación y secuenciación en ambas direcciones de siete genes de mantenimiento (Yuan *et al.*, 2010) es el más utilizado actualmente y es el recomendado por la Unión Europea para la asignación de subespecies. Estos siete genes codifican para la 2-isopropilmalato sintetasa (*leuA*); subunidad C1 de la ubiquinol citocromo c oxidoreductasa C1 (*petC*); ABC permeasa transportadora de azúcares (*malF*); sintasa del gen sirohemo (*cysG*); subunidad chi de la holoenzima DNA polymerase III (*holC*); subunidad NQO12 de la NADH-ubiquinona oxidoreductasa (*nuoL*); y proteína simportadora del glutamato (*gltT*). El tamaño de los productos amplificados es de 708 pb para *leuA*, 533 pb para *petC*, 730 pb para *malF*, 600 pb para *cysG*, 379 pb para *holC*, 557 pb para *nuoL* y 654 pb para *gltT*. En ciertos aislados hay veces que faltan 6 pb en la secuencia del gen *cysG*, o 30 pb en el gen *nuoL* (López *et al.*, 2017).

Una vez obtenidas las secuencias en ambas direcciones, estas tienen que alinearse y ensamblarse eliminando las secuencias de los iniciadores. Posteriormente, las secuencias se cotejan mediante la herramienta de alineación y búsqueda (BLASTN), disponible en la base de datos pubMLST para genes MLST (<http://pubmlst.org/xfastidiosa>) para *X. fastidiosa*. A cada secuencia se le asigna un número y la combinación de estos números es la que indica la subespecie y grupo genético (hasta un total de 80 posibles en la actualidad) (López *et al.*, 2017).

En México el protocolo autorizado para el diagnóstico de *X. fastidiosa* incluye el uso de por lo menos dos genes; el más importante y que ha demostrado ser consistente para los aislamientos existentes en México es el gen *gyrB*. Este gene es necesario para la duplicación de la bacteria, por lo que cualquier estirpe de *X. fastidiosa* debe contar con él para su reproducción¹ (Cuadro 1).

¹Comunicación personal, Dr. Jorge L. Mazza Rodrigues, Universidad de Davis-California; SENASICAa, 2018.

Cuadro 1. Iniciadores recomendados para la detección de *X. fastidiosa* por el Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, DGSV-SENASICA, México, 2018.

Iniciador /Sonda	Secuencia (5'→3')	Referencia
XF-F XF-R XF-P	CACGGCTGGTAACGGAAGA GGGTTGCGTGGTGAAATCAAG 6FAM- TCGCATCCCGTGGCTCAGTCC- BHQ-1	Harper <i>et al.</i> , 2010
HL5-F HL6-R	AAGGCAATAAACGCGCACTA GGTTTTGCTGACTGGCAACA	Francis, <i>et al.</i> 2006.
XYgyr499-F XYgyr907-R	CAG TTA GGG GTG TCA GCG CTC AAT GTA ATT ACC CAA GGT	Rodrigues <i>et al.</i> , 2003

2.9. Medidas de control y manejo de la Enfermedad de Pierce

Entre las medidas de control a nivel internacional *Xylella fastidiosa* se encuentra reglamentada a nivel regional, por la North American Plant Protection Organization (NAPPO) a través de la NRMF 35 Directrices para la movilización de árboles de frutas de hueso y pomáceas y vides hacia un país miembro de la NAPPO (NAPPO, 2009). Así como en la European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) que la incluye en su lista A1 desde 1981 (EPPO, 2014), para el año 2015 la Comisión Europea ha implementado una serie de reglamentaciones que incluyen medidas reforzadas para prevenir la propagación de *Xylella fastidiosa* en la comunidad europea (European Commission, 2017).

La situación de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en México es **Presente: bajo control oficial**, por lo tanto, cumple con la definición de plaga cuarentenaria establecida en la ISPM 5 Glossary of phytosanitary terms (IPPC, 2019) que indica que esta bacteria es una Plaga de importancia económica potencial para el área en peligro aun cuando la plaga no esté presente o, si está presente, no está ampliamente distribuida y se encuentra bajo control oficial (FAO 1990; revisado FAO, 1995; CIPF, 1997; aclaración, 2005; aclaración CMF, 2012).

A nivel nacional *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* se encuentra reglamentada en los siguientes instrumentos legales:

ACUERDO por el que se establecen las medidas fitosanitarias para el control y mitigación de la dispersión de la enfermedad de Pierce *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* y sus vectores publicado el 2 de julio de 2014 en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2014).

AVISO por el que se dan a conocer las zonas bajo control fitosanitario, por presencia de la Enfermedad de Pierce *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, a la zona vitícola del Valle de Guadalupe, Baja California; Parras de la Fuente, Coahuila de Zaragoza, y Ezequiel Montes, Querétaro (DOF, 2015b).

Como *Xylella fastidiosa*, se encuentra reglamentada en: NORMA Oficial Mexicana NOM-081-FITO-2001 “Manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos” (DOF, 2002). Y en el Módulo de Requisitos Fitosanitarios para la Importación de barbados, sarmientos y plantas de vid (*Vitis vinifera*) para sembrar o plantar, originarios y procedentes de los E.U.A., entre otros cultivos y vías asociadas a la especie (SENASICA, 2019a).

En países donde se ha documentado la presencia de *Xylella fastidiosa* se han desarrollado sistemas de manejo integrales, los cuales emplean la combinación de diferentes métodos de control. Entre las estrategias de manejo de la enfermedad de Pierce por *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* se encuentran la aplicación de compuestos químicos, de agentes de control biológico, de diversas prácticas culturales, así como el uso de variedades resistentes. La aplicación de esas estrategias requiere que se tome en consideración la variedad del cultivo, la región productora, los insectos vectores presentes, las malezas y la vegetación silvestre colindante, entre otros aspectos.

2.9.1. Control químico

El control químico de la enfermedad de Pierce está enfocado a los insectos vectores, con el objetivo de mantener el nivel mas bajo posible de población, esto se emplea en estrategias de erradicación y contención (Alarcón, 2017). El mantenimiento de poblaciones en niveles bajos se ha llevado a cabo con insecticidas foliares y aplocados en el suelo. Los vitivinicultores a menudo combinan insecticidas con trampas específicas, conocidas como trampas amarillas para monitorear las poblaciones de insectos con el objetivo de indicar la necesidad o controlar la eficiencia de los insecticidas en el campo (Kyrkou *et al.*, 2018).

Los insecticidas más utilizados para vectores son los neocotinoideos, butenólidos, piretroides, carbamatos y organofosforados. El imidacloprid, un neocotinoide sistémico, eficiente por la persistencia en el tejido vegetal, su actividad sistémica y su selectividad para los insectos que se alimentan de xilema y floema (Daugherty *et al.*, 2015). Sin embargo el imidacloprid tiene efectos adversos en la salud de las abejas y estará prohibido dentro de la Unión Europea a fines de 2018 (EFSA, 2018b).

En México el control químico se aplica en sitios confirmado mediante diagnóstico fitosanitario la presencia de la enfermedad de Pierce y de manera inmediata cuando a través del trapeo se detecta la presencia del principal vector *H. vitripennis*. El control químico también se recomienda para reducir poblaciones de *Graphocephala atropunctata*, cuando se alcanza un umbral de siete especímenes por trampa, o cuando se detecta un espécimen con dictamen positivo a la bacteria, se utiliza el ingrediente activo Imidacloprid aplicando 1 litro de producto por hectárea (SENASICA, 2018b).

2.9.2. Control biológico

La aplicación de agentes de control biológico en el cultivo de vid ha mostrado ser efectiva para el control de la enfermedad de Pierce. Recientemente ha sido descrito un grupo de bacteriófagos virulentos contra *X. fastidiosa* en el 2014, conformado por cuatro fagos de amplio rango de hospedantes; es decir, fagos que pueden infectar a diversas cepas de *X. fastidiosa* y a algunas cepas de especies *Xanthomonas*. Estos fagos pertenecen a las familias *Shipoviridae* (fagos Sano y Salvo) y a la familia *Podoviridae* (fagos Prado y Paz), se ha observado que aplicaciones de un coctel preparado con los cuatro fagos antes o después de la infección protegió totalmente a las plantas contra *X. fastidiosa* (Kyrkou *et al.*, 2018).

La aplicación de bacterias benéficas ha sido probada como estrategia preventiva y curativa a *X. fastidiosa*. Específicamente, el aislamiento PsJN de *Paraburkholderia phytofirmans* (Compant *et al.*, 2008) puede inhibir el crecimiento de *X. fastidiosa* en varios cultivares de vid, en inoculaciones directas a las plantas o en aplicaciones foliares en combinación con un tensioactivo/penetrante (Lindow *et al.*, 2015). Kyrkou *et al.* (2018) sugieren que una pequeña molécula de señalización activa en bajas concentraciones de PsJN consigue interfiere con la

regulación del *quorum-sensing* y la formación de biopelículas por *X. fastidiosa* además de desencadenar respuestas de inmunodefensa en la planta.

Akey *et al.* (2002) proponen los productos derivados del neem, *Azadirachta indica*, como una alternativa a tener en cuenta en el control biológico de las ninfas de *H. vitripennis*. Además, el uso de los enemigos naturales de los vectores de *X. fastidiosa* es una buena herramienta en la lucha contra la dispersión de la bacteria. Así, Kanga *et al.*, en 2004, observaron que *H. vitripennis* es susceptible al ataque de los hongos entomopatógenos *Pseudogibellula formicarum* (Mains) y *Metarhizium anisopliae* (Metsch.). Además, algunas especies de parasitoides pertenecientes a las familias Mymeridae y Tricogrammatidae parasitan los huevos de diferentes especies del género *Homalodisca* sp. en el sureste de EEUU. El mayor problema de este tipo de control es que, al disminuir las oviposiciones de *Homalodisca* sp. en invierno, la población de los parasitoides disminuye considerablemente, lo que desemboca en una tasa de parasitismo de huevos baja en primavera (Morgan *et al.*, 2001).

2.9.3. Control cultural

Existen diversas opciones de manejo cultural para la enfermedad de Pierce con la finalidad de reducción o eliminación de inóculo bacteriano o de población de vectores. Entre las medidas de manejo cultural se incluyen la remoción y destrucción (autoclave e incineración) de plantas infectadas que limitan la propagación de *X. fastidiosa* a plantas sanas (Smith, 2011; Navas, 2017). El riesgo de propagación de la bacteria a través de las prácticas de poda en los meses de invierno es bajo, es recomendable desinfectar el equipo antes de podar cada planta de vid. Smith (2011) recomienda tener varios juegos de tijeras de podar en una solución de cloro al 10%.

La eliminación de plantas silvestres y malezas que actúan como reservorio de *X. fastidiosa* o de sus vectores constituyen actualmente una importante estrategia preventiva en campo (EFSA PLH Panel, 2015). Kyrkou *et al.* (2018) recomiendan establecer los viñedos alejados de cultivos que puedan albergar estados ninfales y adultos de insectos, tales como alfalfa, cítricos, almendra, cerezo, arces.

El uso de material propagativo sano es otra medida para reducir la incidencia de la enfermedad en los viñedos. Las plantas deben de provenir de viveros certificados y plantas de

crecimiento en condiciones de exclusión (criba e invernadero) con tratamiento de agua caliente para eliminar cualquier infección por *Xff*, el material de plantación de la vid se expone a 50 °C por 45 minutos cuidando de que el material de plantación (esquejes de vid o viñas enraizadas de 1 año) se encuentre en estado inactivo para evitar daños (EFSA PLH Panel, 2015).

Adicionalmente las técnicas sobre el cultivo como el barbecho regular y la eliminación manual de malezas para reprimir las poblaciones de ninfas de insectos vectores que prosperan en los hospedantes herbáceos al menos, 400 metros a la redonda del viñedo, la poda regular en verano y otoño de las vides sin síntomas (poda severa), y la eliminación de plantas enfermas durante la temporada de inactividad para prolongar la vida productiva del viñedo son opciones efectivas como parte del manejo cultural de la enfermedad de Pierce (Hopkins y Purcell, 2002; Janse y Obradovich, 2010; EFSA, 2016).

Otras prácticas culturales incluyen una nutrición adecuada del cultivo para estimular la defensa de las plantas, Meyer y Kirkpatrick (2011), investigaron el efecto curativo de ABA (hormona vegetal típica que regula el crecimiento de las plantas, la latencia de las semillas y la función estomática) en las respuestas de las plantas a una enfermedad, realizaron aplicaciones de ABA exógenas a través de aerosoles foliares o gotas de tierra en vides infectadas, exhibiendo una recuperación significativa en la planta. Además de esta hormona, la dosificación de los quelantes de hierro como lactoferrina, EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) y EDDS (ácido etilendiamina-N, N'-disuccínico) evitan la formación de biopelículas, mecanismo de acción relacionado con la privación de hierro para evitar la formación *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en los vasos del xilema (Koh y Toney, 2005).

En México a través de la Campaña contra la Enfermedad de Pierce *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, a cargo de la SENASICA a través de la dirección de Sanidad Vegetal, lleva a cabo el control de la Enfermedad de Pierce y sus vectores *Homalodisca vitripennis* (= *H. coagulata*), *H. liturata* (= *H. lacerta*, = *Phera lacerta*), *Xyphon fulgidum* (= *X. fulgida*), *Graphocephala atropunctata* y *Draeculacephala minerva* en los estados de Baja California, Coahuila y Querétaro. Las acciones más importantes realizadas son: trapeo, exploración, muestreo, control cultural, con el propósito de reducir los niveles de infestación de los insectos vectores presentes en México y detectar oportunamente la presencia de la enfermedad (SENASICA, 2018b).

Mapeo: se realiza en predios que se incorporan a la campaña y donde se iniciará la implementación de las acciones fitosanitarias, con el objetivo de mantener la digitalización de predios, se hará uso de los teléfonos inteligentes y de la aplicación SIAFEPOL (Sistema Auxiliar para la Formación y Estandarización de Polígonos) para ingresar los datos de campo.

Trampeo: se instala una trampa por cada 15 hectáreas, se coloca dentro de los surcos y entre dos plantas, cerca de las esquinas del predio, y en contra del viento predominante. Las trampas se colocan en la parte más alta de la planta (1.5 m de altura máxima), son sustituidas cada 7 o 15 días por los técnicos de los OASV. Los datos son ingresados en el Sistema de Monitoreo de Enfermedad de Pierce (SIMEP) a través de teléfonos inteligentes. En el caso de detectarse la presencia de *H. vitripennis* en predios con plantas positivas a la enfermedad de Pierce, la densidad de trampeo será de una trampa amarilla por cada 5 hectáreas. Las trampas amarillas utilizadas deben estar cubiertas con adhesivo por ambos lados con dimensiones de 23 cm de largo x 14 cm de ancho, con una cuadrícula de 2.5 cm aproximadamente.

Exploración: se realiza en predios con cultivo de vid en los estados de Baja California, Coahuila y Querétaro, los técnicos de los OASV efectúan un recorrido en toda la superficie en forma de guarda griega, para identificar plantas que presenten sintomatología característica de la enfermedad.

Muestreo: se realiza en plantas sospechosas que presenten o que empiecen a mostrar algunos de los siguientes síntomas: escaldado en el margen de la hoja, peciolo desnudos, maduración irregular de “caña” y/o pasificación de frutos, adicionalmente, se toman muestras de plantas cercanas considerando un radio de 5 m. Las muestras se toman entre los meses de junio a noviembre de hojas sintomáticas unidas a la “caña” y que contengan parte de tejido verde. No es recomendable realizar diagnósticos antes de este período, dado a que es posible que la bacteria no se encuentre distribuida uniformemente en toda la planta.

Por cada planta se elige 8 hojas sintomáticas con peciolo, distribuidas a lo largo de una o varias “cañas” y se deberán depositar en papel secante (dos hojas por cada dobles), posterior, se introducen en bolsas de polietileno e identificar a la vista con los siguientes datos: fecha de colecta, nombre del productor, nombre del huerto, datos de georreferenciación (altitud y latitud) número de planta, entidad federativa, municipio, comunidad, cultivo, variedad y tipo de predio (comercial o de traspatio). Se marcará cada planta muestreada, con el propósito de ubicar aquellas plantas que resulten positivas a la enfermedad y aplicar las medidas de control.

Las muestras colectadas se conservarán y transportarán en hieleras con geles refrigerantes congelados, selladas con cinta adhesiva. Deberán elaborarse mapas y croquis de las rutas de muestreo georreferenciados mismos que serán adicionados al formato de solicitud de diagnóstico fitosanitario. Además, se tomarán muestras de insectos vectores para determinar presencia de la bacteria, mediante la prueba de PCR. Las muestras de insectos se colectan de las trampas amarillas ubicadas en los bordes de los predios, esto para los vectores *Homalodisca vitripennis* (= *H. coagulata*), *H. liturata*, *H. lacerta* (= *Phera lacerta*) y *Graphocephala atropunctata*, para *Xyphon fulgida* y *Draeculacephala minerva* se utiliza una red entomológica en hospederos alternantes tales como zacate bermuda, malezas anuales y cultivos leñosos o perenes, ubicados dentro o en la periferia de los viñedos donde se ha detectado mediante diagnóstico la presencia de la enfermedad de Piercepues. Una vez colectadas las muestras de material vegetativo e insectil, se envían al Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria de la Dirección General de Sanidad Vegetal o a los Laboratorios de Diagnóstico Fitosanitario Autorizado por el SENASICA.

El control cultural se lleva a cabo en los sitios sin presencia de la enfermedad, realizando la eliminación de plantas hospedantes de vectores, a modo de control preventivo evitando el aumento en las densidades poblacionales y los nichos de refugio, debido a que los vectores *Xyphon fulgida* y *Draeculacephala minerva* no son atraídas por las trampas amarillas (SENASICA, 2018b).

2.9.4. Control genético

En la vid, los cultivares de *V. vinifera* son susceptibles a la enfermedad de Pierce, mientras que la resistencia se encuentra en otras especies que no son de calidad suficientemente alta para la producción de vino. En las últimas décadas se han probado cultivares transgénicos de vid como una solución viable al control de *X. fastidiosa* (CDFA, 2016). Entre estos cultivares transgénicos, se ha demostrado que las plantas de vid modificadas para producir una señal de *quorum sensing* de la bacteria hacían que la bacteria una vez dentro de la planta no se desplazase y quedase inmovilizada (Lindow *et al.*, 2014), mostrando menor incidencia de la enfermedad, estos métodos por si solos no previenen por completo el desarrollo de la enfermedad de Pierce, lo que motivaron la búsqueda de fuentes genéticas de resistencia a *X. fastidiosa* para el control eficiente de la enfermedad a largo plazo.

Recientemente se ha encontrado resistencia en especies silvestres y en algunos genotipos de *V. rotundifolia*, *Muscadinia rotundifolia*, y *V. girdiana*, nativos del sureste de los Estados Unidos resistentes a la enfermedad de Pierce. Además, existen algunas variedades de *V. vinifera* en California que presentan un cierto nivel de tolerancia a la enfermedad, como ‘*Petit Sirah*’, ‘*Chenin blanc*’, y ‘*Sylvaner*’ (Hopkins y Purcell, 2002). Lin y col. (2017) informan que 15 de las 183 líneas híbridas de N18-6 cruzadas con Flame Seedless desarrollan pocos o ningún síntoma de la enfermedad bajo condiciones de invernadero.

Investigadores de la universidad de California, campus Davis, desarrollaron variedades resistentes a la enfermedad de Pierce a lo largo de 20 años, mediante retrocruzadas clásicas de plantas de vid silvestre de *V. arizonica* y *V. candicans* (originarias de Nuevo León, México) con variedades de alto rendimiento. Esos investigadores identificaron y caracterizaron al gene *Pdr1* (cromosoma 14) como responsable de la resistencia en vid silvestre y generaron las líneas b43-17 y b40-14, produciendo 19 vástagos resistentes a y tres portainjertos resistentes a la enfermedad de Pierce.

En México *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* es una bacteria cuarentenaria presente en algunas áreas bajo control oficial, de importancia económica. La importancia de esta bacteria se debe a las pérdidas económicas que puede ocasionar, por tal motivo se estableció la Campaña Nacional contra la Enfermedad de Pierce con el fin de prevenir su introducción a zonas libres. Sin embargo, la importación de material vegetal incrementa el riesgo de su introducción a zonas libres, por tal motivo se regula la importación de barbados, sarmientos y plantas de vid (*Vitis vinifera*) para sembrar o plantar, originarios y procedentes de los E.U.A., (país con presencia de la enfermedad) entre otros cultivos y vías asociadas a la especie publicados en el Módulo de Requisitos Fitosanitarios para la Importación (SENASICA, 2019).

Para permitir las importaciones de material vegetal a México, es necesario cumplir con los requisitos fitosanitarios de alguna de las siguientes dos opciones: A) Ingreso bajo la aplicación del Plan de Trabajo: en el que se especifica que los embarques deben dar cumplimiento a lo establecido en el “Plan de Trabajo para la exportación de material propagativo de vid (*Vitis* spp.) de los Estados Unidos de América a México” presentando un Certificado Fitosanitario que se declare libre de *X. fastidiosa* cuando el envío tenga como destino final zonas libres de la plaga en México. B) Ingreso del material bajo Verificación en Origen: en el que se

especifica presentar un Certificado Fitosanitario emitido por la autoridad fitosanitaria, el cual debe de especificar que el producto se encuentra libre de: *X. fastidiosa* (SENASICA, 2019a).

Sin embargo, la inspección del material de cada cargamento se realiza para la identificación de síntomas de la enfermedad y diagnosticar la presencia y/o ausencia de *X. fastidiosa*. Por tal motivo en México el diagnóstico fitosanitario debe ser sensible, específico y homologado con los países que comercializan material propagativo de vid ya que la utilización de técnicas diferentes puede ocasionar que las detecciones de *X. fastidiosa* se omitan por parte de algún país ocasionando controversias a nivel regional. La identificación de *X. fastidiosa* a nivel de subespecie es útil para la especificidad de los hospedantes potenciales que pueda tener en México.

A más de 17 años de las primeras acciones contra *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en Baja California, México, y como esta se ha introducido con éxito en las zonas productoras de vid de Parras de la Fuente, Coahuila y Ezequiel Montes, Querétaro, poniendo en riesgo no solo al cultivo de vid sino también a otras especies de plantas cultivadas, es necesario con los nuevos avances y especificidad en biología, hospedantes, epidemiología, y modelos fitosanitarios replantear las estrategias de la Campaña Nacional contra la Enfermedad de Pierce, por tal motivo es esencial que la información generada en esta investigación se tome en cuenta para replantear las estrategias aplicadas de la Campaña Nacional contra la Enfermedad de Pierce en México.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un Análisis de riesgo de plagas de *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, como plaga cuarentenaria para México. Basado en la NIMF 11: Análisis de Riesgo de plagas para plagas cuarentenarias (Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria). En esta se establece el procedimiento para la realización de un análisis de riesgo de plagas (ARP), para identificar las vías de interés (material propagativo o vectores) y evaluar su riesgo, con el fin de identificar áreas en peligro, y si es apropiado, identificar opciones para el manejo del riesgo (IPPC, 2017).

Este análisis se apoyará en modelos geoespaciales de riesgo fitosanitario, como el modelado de distribución de hospedantes, el modelo de distribución potencial de Máxima Entropía (MaxEnt) y el modelo climático nacional para identificar las zonas bajo riesgo de

establecimiento de *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* y sus vectores, y así sugerir medidas de mitigación del riesgo de establecimiento y dispersión de la bacteria a nuevas áreas libre de esta.

3.1. Recopilación de la información

Para la elaboración de la Etapa II y III del Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) de la enfermedad de Pierce de su agente causal *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* como plaga del cultivo de vid y otros cultivos de importancia económica, se siguió la metodología establecida en la NIMF número 11 “Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismo vivos modificados”.

3.1.1. Fuentes de información

Se emplearon las siguientes:

Bases de datos: como la de la Organización para la Protección de las Plantas de Europa y el Mediterráneo (EPPO), Crop Protection Compendium (CPC), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Sistema Nacional Mexicano de Información sobre Biodiversidad (SNIB), Herbario Nacional de México (MEXU) del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Fondo Mundial de Información sobre Biodiversidad (GBIF) principalmente.

Consultas bibliográficas: libros, revistas impresas y electrónicas, folletos, ubicadas en las bibliotecas del Colegio de Postgraduados, Berkeley University of California, California Department of Food and Agriculture de Estados Unidos de América, University of California Agriculture and Natural Resource (UCIPM). Además de artículos científicos de revistas indexadas y de trabajos hechos anteriormente obtenidos de las bases de datos como CAB International abstracts y European Food Safety Authority (EFSA).

Consulta con especialistas: se estableció comunicación con algunos especialistas nacionales relacionados con el tema, además de la Dirección General de Sanidad Vegetal del SENASICA de México.

3.1.2. Procesamiento de la información

A continuación se presenta la siguiente propuesta de Análisis de Riesgo de Plagas, iniciado por una plaga, siguiendo como referencia el esquema de la NIMF no. 11:

Etapas II: Evaluación del riesgo de plagas

2.1 Categorización de la plaga

- a) Identidad
- b) Presencia o Ausencia en el Área de ARP
- c) Estatus regulatorio
- d) Potencial para el establecimiento
- e) Conclusión de categorización

2.2 Evaluación de la probabilidad de Introducción y dispersión

- a) Probabilidad de entrada de la plaga
- b) Probabilidad de establecimiento mediante modelo geoespacial climático
- c) Probabilidad de dispersión después del establecimiento

2.3 Evaluación de los efectos económicos

- a) Análisis de las consecuencias económicas, sociales y comerciales

Etapas III Manejo del riesgo de plagas

3.1 Identificación y selección de opciones apropiadas con respecto al manejo del riesgo

3.1.3. Modelo geoespacial fitosanitario

3.1.3.1. Distribución de hospedantes en México

Para la realización de los mapas de especies herbáceas hospedantes de la bacteria *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* y el mapa de especies herbáceas hospedantes de los vectores *Xyphon fulgidum* y *Homalodisca liturata* se tomo como referencia la lista de especies hospedantes de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* reportadas por la EFSA (2018). Para estos se elaboró una base de datos con tres tipos de información: 1) referencias bibliográficas, 2) ejemplares de herbarios depositados en colecciones biológicas, y 3) ejemplares del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) (museos, colectas y proyectos) [Villaseñor y Espinosa, 1998; Rzedowski y Rzedowski, 2004; Villaseñor, 2004; Juárez-Jaimes *et al.*, 2008; Vibrans, 2009 y 2012; Vargas *et al.*, 2017). La información de ejemplares depositados en colecciones de

herbarios nacionales fueron obtenidos del Departamento de Botánica, Instituto de Biología (IBUNAM), Herbario Nacional de México (MEXU) [Portal de Datos Abiertos UNAM (en línea)], México, Universidad Nacional Autónoma de México. Además se consultó la base de datos electrónica SNIB y de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (en línea).

La información se capturó en una hoja de Excel, y clasificó de acuerdo a categoría taxonómica, geográfica, ecológica y curatorial. La sección taxonómica incluyó familia, nombre y descriptor de la especie. La sección geográfica agrupó país, estado, municipio, localidad, altitud, latitud y longitud. La sección ecológica incluyó tipo de vegetación, hábitat, observaciones, fecha de colecta. La información curatorial incluyó nombre del herbario, colector, número de colectas, y nombre del determinador. En aquellos casos en que los registros no contaban con datos de georeferenciación éstos se infirieron con la descripción de la localidad. La latitud y longitud se estimaron empleando el programa Google Earth Software 7.3. Posterior a esto, los valores inferidos se integraron a la base de datos en grados decimales.

Los datos geográficos se procesaron en el SIG ArcGIS ArcMap 10.1 (ESRI, 2012). La base de datos se transformó a un formato compatible con un SIG mediante ArcMap 10.1. El procedimiento consistió en la utilización de las coordenadas de latitud y longitud de cada registro para generar una capa shapfile de punto dentro del SIG, este asociado con la información contenida en la base. El resultado final fue un archivo de puntos de todos los registros, o shapefile con la información de: especie, estado, latitud, longitud, altitud correspondiente a cada punto.

Para la realización de los mapas de cultivos hospedantes de la bacteria *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* de importancia económica y hospedantes forestales, se tomó como referencia la lista de hospedantes de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* reportadas por la EFSA (2018): que considera a el cultivo de vid (*Vitis vinífera* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), maple (*Acer* spp.), almendro (*Prunus dulcis* Mill., L.), café (*Coffea arabica*), durazno (*Prunus persica*), naranja (*Citrus cinensis*). Los datos de producción de los cultivos se obtuvieron del SIAP (2018), México, correspondiente al ciclo agrícola 2018 y los datos de sitios con presencia de hospedantes forestales se obtuvieron de la CONAFOR (2016). La base de datos generada se transformó a un formato compatible con el SIG ArcGIS ArcMap 10.1 (ESRI, 2012), el cual se unió dentro del SIG a la capa shapfile de polígonos “municipios” (IENGI, 2019), el resultado final fue un

archivo de polígonos con la información del cultivo de vid, un archivo de polígonos con la información de la producción total de todos los cultivos (toneladas) por municipio y un archivo de polígonos con la información de densidad de sitios de hospedantes forestales por municipio.

3.1.3.2. Modelo de distribución potencial

Para generar el modelos de distribución potencial actual se utilizó las variables que influyen y determinan la presencia de la especie *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*. Se usaron los datos de covariables ambientales y de ocurrencia de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*. Para lo cual, se utilizaron las variables bioclimáticas correspondientes a las condiciones actuales, generadas mediante la interpolación de los datos observados en el periodo 1960-1990. Estas variables se encuentran disponibles en la página del WorldClim (<http://www.worldclim.org/current> version 1.4). Se optó por una resolución de 30 segundos (cuadrículas de 1 x 1 km) para obtener una mejor resolución a nivel local. Así mismo se emplearon las localidades a nivel mundial de ocurrencia de *X. fastidiosa*, obtenidos del Global Biodiversity Information Facility (GBIF;<http://www.gbif.org>), así mismo se obtuvo las ocurrencias en México de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* proporcionado por la DGSV del SENASICA en México, en total se emplearon 111 ocurrencias.

La modelización del mapa de distribución potencial se realizó mediante el programa informático MaxEnt v3.4.0. El modelo se configuró siguiendo la función logística, ya que esta es la más fácil de conceptualizar debido a que nos devuelve unos valores estimados entre cero y uno de probabilidad de presencia, lo que facilita en gran medida su interpretación (Phillips *et al.*, 2004; Phillips *et al.*, 2006). En la calibración del modelo se especificaron un número máximo de interacciones de 500, 10.020 puntos de fondo y el límite de convergencia se fijó en 0.00001 (valores por defecto). Para determinar calidad de la predicción de la distribución potencial por parte del modelo, se usó la técnica de validación simple Receiver Operating Characteristic (ROC), en la que se usó un 25% de los registros de la muestra para la medición de la calidad del modelo. También se aplicó la técnica de validación cruzada sobre las diferentes réplicas del modelo. Tras el uso de la técnica de validación ROC se obtuvieron los valores promedio de AUC (Area Under the (ROC) Curve). Estos valores AUC, comprendidos entre 0 y 1, nos indican si el modelo es preciso o no. El modelo obtuvo un AUC de 0.97 considerándose como modelos de alta precisión. Los valores de significación de los once test binomiales de la prueba binomial de

omisión que genera MaxEnt, que sirve como complemento en la evaluación del modelo, estos fueron $p < 0.01$ (predicción del modelo aceptable: Romo *et al.*, 2012). Se usó la prueba de Jackknife, ya que resulta muy útil para evaluar el porcentaje de contribución de cada variable al modelo final (Peterson y Cohoon, 1999). Los datos se convirtieron del formato .hdf al formato .bil con una proyección geográfica WGS84, se mosaico y se recortaron a la siguiente ventana: 14-32°N, -87°– -117° W.

3.1.4. Modelo climático nacional

Para generar el modelo climático nacional de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* se utilizó el cálculo de las normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) el cual realiza cada 10 años para un periodo consecutivo de 30 años (1981-2010), de acuerdo a la normativa establecida por la Organización Meteorológica Mundial. Se descargó un archivo KMZ, el cual contiene la información de las estaciones climatológicas utilizadas en la elaboración de los mapas. Cada punto representa una estación, que muestra las normales climatológicas 1981 a 2010 de manera puntual. Esta capa se transformo a shapefile de puntos y se proyectó en una proyección geográfica WGS84, se mosaico y se recortaron a la siguiente ventana: 14-32°N, -87°– -117° W. Las variables analizadas y modeladas fueron: Temperatura máxima promedio climática y la temperatura mínima promedio climática. Con base en las temperaturas mínimas, máximas y óptimas reportadas para *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* se seleccionaron las áreas con idoneidad climática de establecimiento de la bacteria en el territorio mexicano.

4. RESULTADOS

4.1. Etapa II: Evaluación del riesgo de plagas

El proceso de evaluación del riesgo se realizó mediante el análisis de información disponible para el establecimiento de los diferentes niveles de riesgo, estableciendo como área de riesgo a todo el territorio de los Estados Unidos Mexicanos.

4.1.1. Categorización de una plaga

a) Identidad

Posición taxonómica

Phylum: Proteobacteria

Clase: Gammaproteobacteria

Orden: Xanthomonadales

Familia: Xanthomonadaceae

Género: *Xylella*

Especie: *Xylella fastidiosa*

Subespecie: *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*

EPPO, 2019.

Sinonimias

- *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*
- *Xylella fastidiosa* subsp. *piercei*

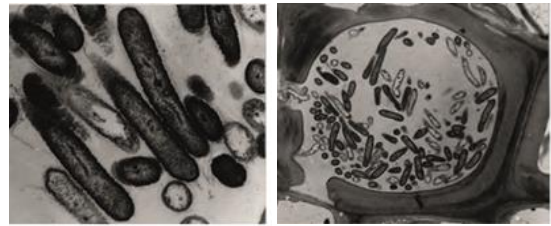
Nombres comunes

Español: Enfermedad de Pierce

Inglés: Pierce's disease of grapevines; Pierce's disease; California vine disease

Francés: Maladie de Pierce (grape)

CAB Internatinal, 2019; EPPO, 2019; Janse y Obradovic, 2010; SENASICA, 2017c.



Celulas de *Xylella fastidiosa* en haces xilemáticos en una planta de naranjo.

Fuente: K. Matsuoka

Vectores de la enfermedad de Pierce

Xyphon fulgidum (Nottingham, 1932)



Figura 2. *Xyphon fulgidum* (=Carneocephala fulgida). CESAVEBC, 2018.

Posición taxonómica**Reino:** Animalia**Filo:** Arthropoda**Clase:** Insecta**Orden:** Hemiptera**Suborden:** Auchenorrhyncha**Infraorden:** Cicadomorpha**Superfamilia:** Membracoidea**Familia:** Cicadellidae**Género:** *Xyphon*

EPPO, 2018.

Sinonimia:*Carneocephala fulgida* Nottingham, 1932: 101*Xyphon fulgida* (Nottingham 1932): Hamilton 1985*Xyphon fulgidum* Catanach, Dietrich & Woolley, 2013: 498.

Redak (2004) reporta a *Xyphon fulgidum* (=fulgida) como vector de la bacteria *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* con una transmisión de la bacteria de 18-48 % en California, EUA.

Ciclo de vida: Generalmente tiene cuatro generaciones por año en el centro de California. Los huevos de cada generación se ponen a mediados de marzo, a mediados de mayo, a principios de julio y a mediados de agosto. Se requieren aproximadamente 25 días para el desarrollo desde el huevo hasta el adulto. Pasan el invierno como adultos, y durante esta estación son mucho menos abundantes y están dispersos (Berkeley, 2018).

Los patrones espaciales de la aparición de la enfermedad de Pierce en los viñedos muestran que la enfermedad se propaga a través de chicharritas cabeza roja o verde que vuelan a viñedos desde áreas de reproducción cercanas (generalmente adyacentes), como pastizales irrigados, campos de alfalfa o bancos de zanjas. El pasto Bermuda es el anfitrión de las chicharritas, y puede contribuir a la propagación de la enfermedad de Pierce si albergan a adultos invernantes dentro del viñedo (Berkeley, 2018).

Monitoreo: se monitorea con una red de barrido las áreas de malezas que están adyacentes al viñedo y no pueden eliminarse. Este vector no se siente atraído por las trampas

pegajosas amarillas, por lo tanto, deben ser monitoreados con una red de barrido (UCANR, 2019).

Dispersión: en el centro de California, el movimiento de chicharritas es generalmente hacia el este (a favor del viento al anochecer) de los pastos, los campos de heno de malezas u otras áreas cubiertas de hierba. Se debe considerar la presencia de campos de heno o pastos permanentes al plantar un viñedo (UCANR, 2019).

Hospedantes: *X. fulgidum* se alimenta principalmente de zacate bermuda *Cynodon dactylon*, zacate de agua *Echinochloa crus-galli*, gramíneas y vides (EPPO, 2019).

Cynodon dactylon (= *Capriola dactylon* (L.) Kuntze), *Panicum dactylon* L.) principal hospedante de *X. fulgidum* (zacate Bermuda) es un pasto africano exótico perenne de 10 a 30 cm de alto, es el más común de México (**Figura 3**). Se encuentra como dominante en sitios un poco más secos. Se distribuye en México en Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán (Villaseñor y Espinosa, 1998).

Hábito y forma de vida: Hierba perenne, tamaño de 10 a 30 cm de alto, puede ser más de largo, ya que crece con estolones. Tallo: Delgados, glabros, erectos o decumbentes. Hojas: Vainas de 1.5 a 7 cm de largo, generalmente más cortas que los entrenudos, vilosas en el ápice, las inferiores usualmente quilladas, los bordes membranosos, lígulas membranosas, cilioladas, de 0.2 a 0.3 mm de largo, a veces vilosas en el dorso, láminas de 0.5 a 6.5 cm de largo por 1 a 3.5 mm de ancho, aplanadas, en ocasiones dobladas, escabridísculas (poco ásperas), generalmente vilosas detrás de la lígula y en los márgenes inferiores, ocasionalmente en ambas superficies. Inflorescencia: espigas (3) 4 a 6, de 1.5 a 6 cm de largo, distribuidas en un verticilo, usualmente radiadas (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Ciclo de vida: cuando se alterna con cultivos de temporal anuales se puede comportar como anual (marzo a diciembre), cuando alterna con cultivos como la alfalfa o huertos, céspedes de jardín, nopaleras, etc. se comporta como perenne (Villegas, 1979, Pitty y Muñoz, 1993).

Impacto: Villaseñor y Espinosa (1998) citan su presencia en aguacate, ajonjolí, alfalfa, algodón, arroz, avena, cacahuete, caña, cártamo, cebolla, chile, cítricos, espárrago, frijón,

frutales, girasol, haba, linaza, maíz, mango, manzana, melón, nogal, plantas ornamentales, papa, pepino, plátano, potreros, pradera, sorgo, soya, tomate, uva, viveros. También se encuentra en cebada, trigo, linaza, café, nopal, col, estropajo, hortalizas.



Figura 3. *Cynodon dactylon*. Fuente: letebile, some rights reserved (CC BY-NC-ND), IRRI Images, some rights reserved (CC BY-NC-SA), B.J. Dion, some rights reserved (CC BY-NC-SA), CONABIO, 2018.

Homalodisca liturata Ball



Figura 4. *Homalodisca liturata* (= *H. lacerta*). Ray Lemke; Salvador Vitanza; Bill Johnson. Iowa State University. Department of Entomology.

Posición taxonómica

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Suborden: Auchenorrhyncha

Familia: Cicadellidae

Género: *Homalodisca*

Especie: *Homalodisca liturata*

Sinonimia:

Phera lacerta Fowler 1899

Homalodisca lacerta (Young 1968)

Nombre común:

Chicharrita del árbol del humo, EUA.

Redak (2004) reporta a *Homalodisca liturata* (= *H. lacerta*) como vector de la bacteria *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en California, EUA (Figura 4).

H. liturata es nativo de California y abundante en las zonas áridas del norte de México (Blua *et al.* 2001, Smith 2005), es considerada una especie con mayor tolerancia hacia ambientes áridos, se distribuye ampliamente en el noroeste de México, así como en Arizona, Colorado y California (Burks y Redak 2003).

Es una chicharrita que se ausenta de julio a septiembre, debido al aumento de las temperaturas del verano y retorna a partir de octubre, entre marzo y abril se encuentran las poblaciones más elevadas. Servín-Villegas *et al.*, (2009) reportan 31 especies vegetales asociadas al vector, 24 familias, de las cuales 20 son silvestres, 11 cultivadas, con el 83.87% hospederas y 16.13% son usadas como refugio, como ejemplo *Yucca valida* (100 insectos por hoja).

Hospedantes: se desplaza hacia arboles con sombra como *Prosopis articulata*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lysiloma candida*. En menor preferencia las especies de *Carica papaya* (papaya), *Tacoma stans*, *Simmondsia chinensis* (jojoba), *Vigna unguiculata*, *Azadirachta indica*, *Aloe vera* y *Paulonia elongate* (forestall) (Servín-Villegas *et al.*, 2009).

H. liturata llega a desplazarse 90 metros de distancia vertical desde un punto fijo (Blackmer *et al.*, 2004) y hasta 7 metros de forma vertical, el 99% de las capturas liberadas de *H. liturata* fue en un radio de 220 m, debido a diversos factores como corrientes de viento lo que posibilitó un mayor desplazamiento de forma horizontal. Los huevos de *H. liturata* se colocan justo debajo de la epidermis de las hojas (y algunas veces de las frutas) en grupos, con los huevos adyacentes orientados casi paralelos entre si (Powers 1973, Phillips 1998, Blua *et al.* 1999)

b) Presencia o Ausencia en el Área de ARP

Se consideraron todos los reportes que hicieran mención a la plaga en México. Durante la búsqueda, revisión, análisis y síntesis de literatura técnico-científica, se encontraron reportes documentales de la presencia de *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en México. Asimismo, se encontró el ACUERDO por el que se establecen las medidas fitosanitarias para el control y mitigación de la dispersión de la enfermedad de Pierce *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* y sus vectores publicados el 2 de julio de 2014 en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2014). El ACUERDO por el que se declara como zona libre de la Enfermedad de Pierce, *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, a los municipios de Altar, Caborca, Carbó, Empalme, Guaymas, Hermosillo, Pitiquito y San Miguel de Horcasitas, productores de vid del Estado de Sonora, publicado el 23 de febrero de 2015 (DOF, 2015a). Así como el AVISO por el que se dan a conocer las zonas bajo control fitosanitario, por presencia de la Enfermedad de Pierce *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, a la zona vitícola del Valle de Guadalupe, Baja California; Parras de la Fuente, Coahuila de Zaragoza, y Ezequiel Montes, Querétaro (DOF, 2015b).

c) Estatus regulatorio

En México, a nivel genero *Xylella fastidiosa* se encuentra reglamentada en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) NOM-079-FITO-2002, Requisitos fitosanitarios para la producción y movilización de material propagativo libre de virus tristeza y otros patógenos asociados a cítricos (DOF, 2002) y en la NOM-081-FITO-2001 Manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos (DOF, 2002a). Además en el Cuadro 2, se muestran las claves de combinación vigentes para la importación de productos vegetales que se encuentran en el Módulo de Requisitos Fitosanitarios para la Importación de productos que incluyen a *X. fastidiosa* (SENASICA, 2017a).

En el ámbito internacional la especie *X. fastidiosa* se encuentra reglamentada a nivel regional, como sucede con la North American Plant Protection Organization (NAPPO) a través de la NRMF 35 Directrices para la movilización de árboles de frutas de hueso y pomáceas y vides hacia un país miembro de la NAPPO (NAPPO, 2009). Así como en la European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) que la incluye en su lista A1 desde 1981

(EPPO, 2014), además, para el año 2015 la Comisión Europea ha implementado una serie de reglamentaciones que incluyen medidas reforzadas para prevenir la propagación de *X. fastidiosa* en la comunidad europea (European Commission, 2017).

Cuadro 2. Claves de combinación para la importación de productos vegetales en los que se reglamenta *Xylella fastidiosa*.

Clave de combinación	Nombre científico	Mercancía	Tipo de producto	Uso	País de origen	País de procedencia
1941-131-4075-USA-USA	<i>Prunus caroliniana</i>	Cerezo	Plántulas	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1948-131-4244-USA-USA	<i>Prunus persica</i>	Durazno	Plántulas	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1939-131-4337-USA-USA	<i>Prunus armeniaca</i>	Chabacano	Plántulas	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1940-131-3962-USA-USA	<i>Prunus avium</i>	Cereza	Plántulas	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
2194-131-4338-USA-USA	<i>Vitis vinifera</i>	Vid	Sarmientos, Barbados, Plantas	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1940-131-3423-USA-USA	<i>Prunus avium</i>	Cereza	Arboles	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1948-131-3421-USA-USA	<i>Prunus persica</i>	Durazno	Arboles	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1948-102-3253-USA-USA	<i>Prunus persica</i>	Durazno	Semillas	Simiente	EUA.	EUA.
1948-131-3148-USA-USA	<i>Prunus persica</i>	Durazno	Varetas	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1939-131-3368-USA-USA	<i>Prunus armeniaca</i>	Chabacano	Arboles	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1839-131-3065-USA-USA	<i>P. persica x P. amygdalus</i>	Prunus	Portainjertos	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.

Mientras que países como Argentina, Austria, Bélgica, Canadá, Chile, Colombia, Croacia, Cuba, Ecuador, Francia, Grecia, Jamaica, Japón, Macedonia, Madagascar, Mauricio, Nepal, Perú, Polinesia Francesa, Reino Unido, República Checa, República de Corea, República de Georgia, Singapur, Suiza, Tailandia, Turquía, Ucrania y Uruguay, incluyen a *X. fastidiosa* en su Listado de plagas reglamentadas ante la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (IPPC, 2017).

Actualmente *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* se encuentran incluidas en la Lista de plagas reglamentadas para México ante la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) [CIPF, 2015].

Otras reglamentaciones incluyen los siguientes instrumentos legales: un ACUERDO por el que se establecen las medidas fitosanitarias para el control y mitigación de la dispersión de la enfermedad de Pierce *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* y sus vectores publicado el 2 de julio de 2014 en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2014). El ACUERDO por el que se declara como zona libre de la Enfermedad de Pierce, *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, a los municipios de Altar, Caborca, Carbó, Empalme, Guaymas, Hermosillo, Pitiquito y San Miguel de Horcasitas, productores de vid del Estado de Sonora, publicado el 23 de febrero de 2015 (DOF, 2015). Así como el AVISO por el que se dan a conocer las zonas bajo control fitosanitario, por presencia de la Enfermedad de Pierce *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, a la zona vitícola del Valle de Guadalupe, Baja California; Parras de la Fuente, Coahuila de Zaragoza, y Ezequiel Montes, Querétaro (DOF, 2015a).

Es importante mencionar que *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, se encuentra bajo vigilancia activa dentro del Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria en los estados de Aguascalientes, Sonora, Zacatecas y Querétaro (SENASICA, 2017b).

X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*, se encuentra Bajo Control Oficial mediante la Campaña contra la enfermedad de Pierce, que opera actualmente en los estados de Baja California, Coahuila de Zaragoza y Querétaro, con el objetivo de reducir los niveles de incidencia de la enfermedad en las zonas bajo control fitosanitario a través de las acciones de exploración, trampeo, muestreo, diagnóstico, control, capacitación, divulgación y supervisión, cabe destacar, que a través de la implementación de dicho programa fitosanitario, se protegerán a nivel nacional las 29,466 hectáreas de cultivo de vid, con una producción de 335,739 toneladas y cuyo valor de la misma se estima en 4,531 millones de pesos (SENASICA, 2017c).

d) Conclusión de categorización

De acuerdo a lo dispuesto en la ISPM 8 Determination of pest status in an area (IPPC, 2011), *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* es una plaga que en México se encuentra **Presente: bajo control oficial**, por lo tanto, cumple con la definición de **plaga cuarentenaria** establecida en la ISPM 5 Glossary of phytosanitary terms (IPPC, 2015).

4.1.2. Evaluación de la probabilidad de introducción (entrada y establecimiento) y dispersión

4.1.2.1. Probabilidad de entrada de una plaga

La probabilidad de que la plaga *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* ingrese a México, fue evaluada, tomando en consideración una potencial vía:

Vía de entrada: Mercancías reguladas

X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*, es una plaga asociada a una amplia gama de plantas perennes, arbustos y árboles, estos pueden permanecer sin síntomas mientras están infectados por la bacteria, y pueden servir como reservorios en el ambiente y pasar desapercibidos durante la inspección de las mercancías en los puntos de ingreso a México, aun cuando se reporta a *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* afectando plántulas, sarmientos, varetas, barbados, plantas, árboles y portainjertos.

Al ser *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* una especie originaria de América del Norte, y al tener la primera detección en Estados Unidos, en el Estado de California, colindante con la frontera norte de Baja California, México, por la aduana de Tijuana, Baja California, Ciudad de México, Altamira, Tamaulipas ingresan mercancías agrícolas originarias y procedentes de países con presencia de la plaga, por lo que puede considerarse como una probable vía de introducción a México (SIAP, 2019).

Estados Unidos cuenta con diversos reportes de *Xylella fastidiosa* en diversas plantas cultivadas en su territorio (como *Medicago sativa*, *Citrus sinensis*, *Vitis vinífera*) (**Cuadro 3**), así como notificaciones de intercepciones de *Xylella fastidiosa* en productos importados por la Unión Europea y Suiza (**Cuadro 4**), lo que nos brinda una perspectiva de la situación del riesgo que representa la importación de mercancías procedentes de este país.

Durante el año 2018, se tienen reportes del ingreso de mercancías de origen vegetal de países como Estados Unidos y Costa Rica hacia México, este último con reporte de 3 trámites para el ingreso de palma con detección positiva a la bacteria, en volumen y uso destinado en México (**Cuadros 5-10** y **Figuras 5 y 6**) favoreciendo la probabilidad de entrada de *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en el material importado (SE-SIAVI, 2019).

Cuadro 3. Reportes de *Xylella fastidiosa* en especies de plantas cultivadas en Estados Unidos

Especies de plantas	Ubicación
<i>Acer</i> sp.	Alameda (CA)
<i>Cercis occidentalis</i>	Riverside (CA)
<i>Citrus sinensis</i>	Polk Co. (FL)
<i>Medicago sativa</i>	California (CA)
<i>Metrosideros</i> sp.	Naranja (ca)
<i>Pluchea odorata</i>	Riverside (CA)
<i>Prunus avium</i>	San Bernxylardino (CA)
<i>Prunus dulcis</i>	California
<i>Prunus dulcis</i>	Fresno (CA)
<i>Prunus dulcis</i>	Condado de Kern (CA)
<i>Prunus dulcis</i>	Riverside (CA)
<i>Prunus dulcis</i>	San Bernardino (CA)
<i>Prunus dulcis</i>	Valle de San Joaquín (CA)
<i>Prunus dulcis</i>	Stanislaus (CA)
<i>Prunus dulcis</i>	Tulare (CA)
<i>Sambucus canadensis</i>	Leesburg (FL)
<i>Spartium junceum</i>	Riverside (CA)
<i>Vitis aestivalis</i>	Val Verde (TX)
<i>Vitis girdiana</i>	Riverside (CA)
<i>Vitis</i> sp.	Alameda (CA)
<i>Vitis</i> sp.	California (CA)
<i>Vitis</i> sp.	Florida (FL)
<i>Vitis</i> sp.	Georgia (GA)
<i>Vitis</i> sp.	Napa Co. (CA)
<i>Vitis</i> sp.	Riverside (CA)
<i>Vitis</i> sp.	Valle de San Joaquín (CA)
<i>Vitis</i> sp.	San Luis Obispo (CA)
<i>Vitis</i> sp.	Santa Barbara (CA)
<i>Vitis</i> sp.	Santa cruz (ca)
<i>Vitis</i> sp.	Tulare (CA)
<i>Vitis</i> sp.	Val Verde (TX)
<i>Vitis</i> sp.	Ventura (CA)
<i>Vitis vinifera</i>	Blanco Co. (TX)
<i>Vitis vinifera</i>	Gillespie (TX)
<i>Vitis vinifera</i>	Napa Co. (CA)
<i>Vitis vinifera</i>	Riverside (CA)
<i>Vitis vinifera</i>	San Bernardino (CA)
<i>Vitis vinifera</i>	Travis (TX)

Fuente: EFSA, 2018c.

Cuadro 4. Intercepciones de *Xylella fastidiosa* en importaciones de la Unión Europea

País exportador	Año	Mercancía	Especies de plantas	Organismo nocivo	No. de intercepciones
Estados Unidos de América	2018	Destinado para sembrar aún no plantado	<i>Rubus fruticosus</i>	<i>Xylella fastidiosa</i>	1
	2018	Destinado para sembrar aún no plantado	<i>Rubus idaeus</i>	<i>Xylella fastidiosa</i>	2
	2017	Destinado para sembrar aún no plantado	Juglans	<i>Xylella fastidiosa</i>	1
México	2016	Propuesta para siembra: cortes	<i>Pelargonium x hortorum</i>	<i>Xylella fastidiosa</i>	1
Brasil	2015	Propuesta para siembra: cortes	Mandevilla sanderi	<i>Xylella fastidiosa</i>	1
Costa Rica	2014	Propuesta para plantar: ya se ha plantado	<i>Coffea arabica</i>	<i>Xylella fastidiosa</i>	4
Honduras	2014	Propuesta para plantar: aun no plantado	<i>Coffea arabica</i>	<i>Xylella fastidiosa</i>	1

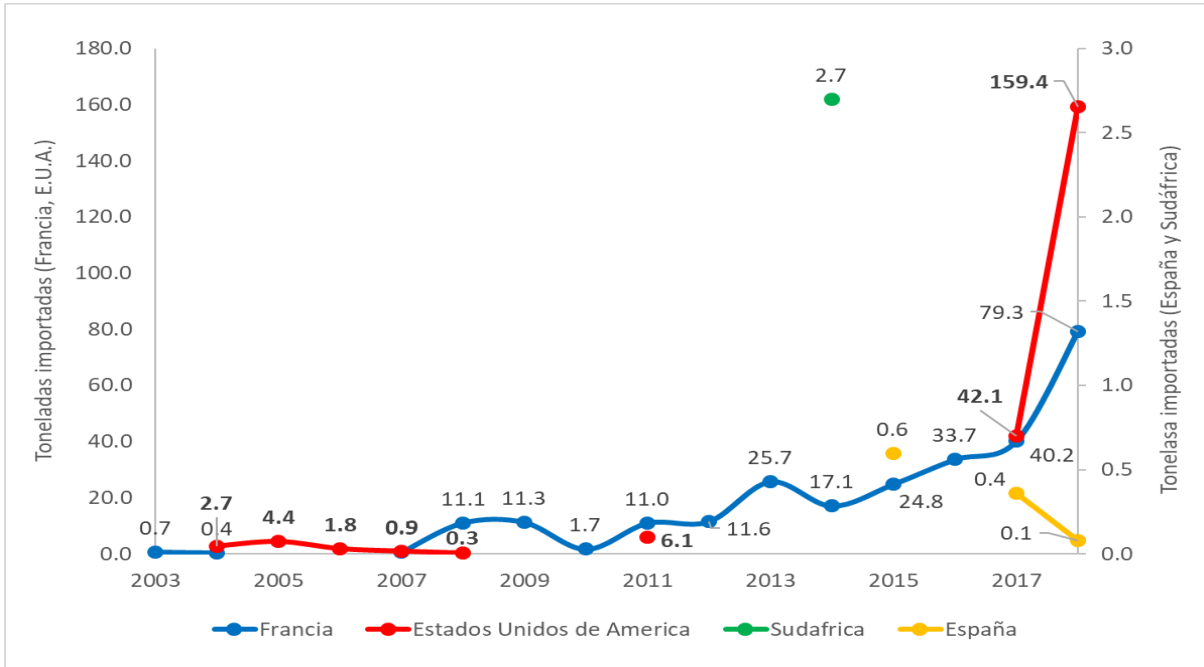
Fuente: EFSA, 2019b.

Cuadro 5. Importación de estacas de vid a México, 2003 a 2018 (toneladas).

Año / País	Francia	Sudáfrica	España	E.U.A.
2018	79.3	0	0.1	159.4
2017	40.2	0	0.4	42.1
2016	33.7	0	0	0
2015	24.8	0	0.6	0
2014	17.1	2.7	0	0
2013	25.7	0	0	0
2012	11.6	0	0	0
2011	11	0	0	6.1
2010	1.7	0	0	0
2009	11.3	0	0	0
2008	11.1	0	0	0.3
2007	0.5	0	0	0.9
2006	0	0	0	1.8
2005	0	0	0	4.4
2004	0.4	0	0	2.7
2003	0.7	0	0	0

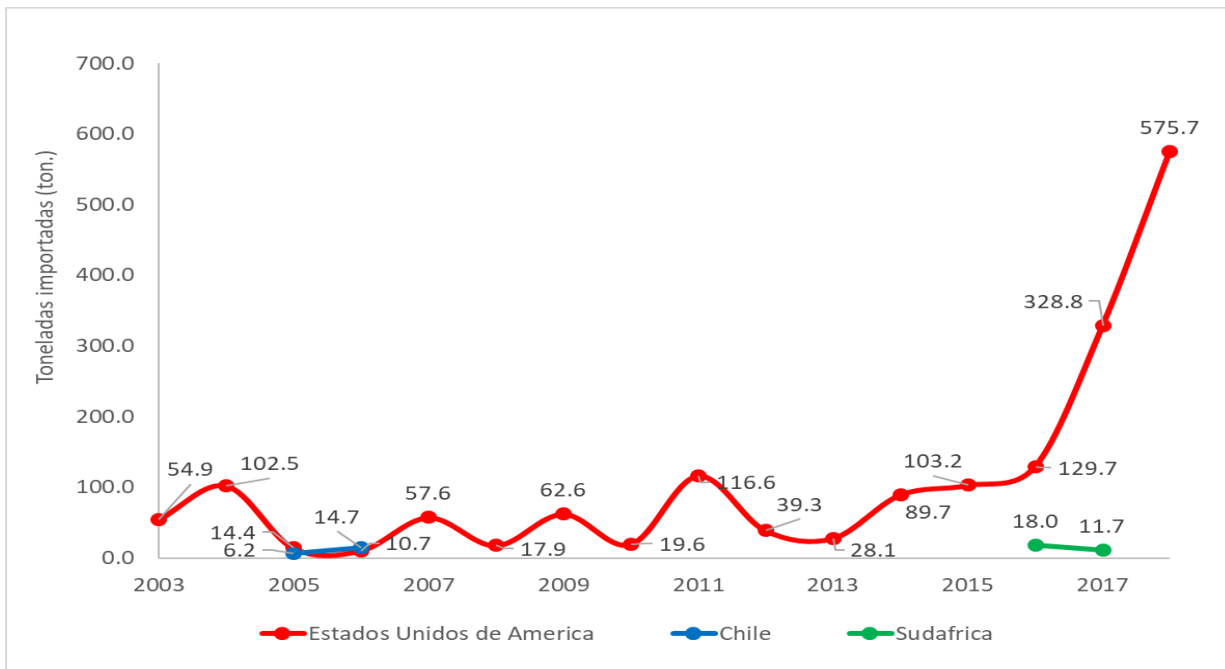
Fuente: SE-SIAVI, 2019.

Figura 5. Importación de estacas de vid a México, 2003 a 2018.



Fuente: SE-SIAVI, 2019. Con base en SAT, SE, BANXICO, INEGI. Balanza Comercial de Mercancías de México 2003 - 2018 SNIEG. Información de Interés Nacional., 2019.

Figura 6. Importación de plantas para injertar (barbados), de longitud inferior o igual a 80 cm a México, 2003 a 2018 (toneladas)



Fuente: SE-SIAVI, 2019. Con base en SAT, SE, BANXICO, INEGI. Balanza Comercial de Mercancías de México 2003 - 2018 SNIEG. Información de Interés Nacional.

Cuadro 6. Claves de combinación para la importación de vid para sembrar o para plantar.

Combinación	Nombre científico	Tipo de producto	Mercancías	Función/uso	País de origen	País de procedencia
2194-131-4546-CHL-CHL	<i>Vitis vinifera</i>	Estacas o Sarmientos	Vid	Sembrar o plantar	Chile	Chile
2194-131-4546-ESP-ESP	<i>Vitis vinifera</i>	Estacas o Sarmientos	Vid	Sembrar o plantar	España	España
2194-131-3204-ESP-ESP	<i>Vitis vinifera</i>	Plantas	Vid	Sembrar o plantar	España	España
2194-131-4338-USA-USA	<i>Vitis vinifera</i>	Sarmientos, Barbados, Plantas	Vid	Sembrar o plantar	E.U.A.	E.U.A.
2194-131-4489-FRA-FRA	<i>Vitis vinifera</i>	Sarmientos	Vid	Sembrar o plantar	Francia	Francia
2194-131-4498-ZAF-ZAF	<i>Vitis vinifera</i>	Sarmientos, Barbados	Vid	Sembrar o plantar	Sudáfrica	Sudáfrica

Fuente: SENASICA, 2019a.

Cuadro 7. Claves de combinación de México para la importación de productos vegetales en los que se reglamenta *Xylella fastidiosa*. SENASICA.

Clave de combinación	Nombre científico	Mercancía	Tipo de producto	Uso	País de origen	País de procedencia
1941-131-4075-USA-USA	<i>Prunus caroliniana</i>	Cerezo	Plántulas	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1948-131-4244-USA-USA	<i>Prunus persica</i>	Durazno	Plántulas	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1939-131-4337-USA-USA	<i>Prunus armeniaca</i>	Chabacano	Plántulas	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1940-131-3962-USA-USA	<i>Prunus avium</i>	Cereza	Plántulas	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
2194-131-4338-USA-USA	<i>Vitis vinifera</i>	Vid	Sarmientos, Barbados, Plantas	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1940-131-3423-USA-USA	<i>Prunus avium</i>	Cereza	Arboles	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1948-131-3421-USA-USA	<i>Prunus persica</i>	Durazno	Arboles	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1948-102-3253-USA-USA	<i>Prunus persica</i>	Durazno	Semillas	Simiente	EUA.	EUA.
1948-131-3148-USA-USA	<i>Prunus persica</i>	Durazno	Varetas	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1939-131-3368-USA-USA	<i>Prunus armeniaca</i>	Chabacano	Arboles	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.
1839-131-3065-USA-USA	<i>P. persica x P. amygdalus</i>	Prunus	Portainjerto	Sembrar o plantar	EUA.	EUA.

Cuadro 8. Requisitos fitosanitarios de importación hacia México, de los productos que han presentado detección de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en el mundo

Combinación	Nombre científico	Tipo de producto	Mercancías	Función/uso	País de origen	País de procedencia	Especificaciones del requisito
1323-131-4232-USA-USA	<i>Citrus sinensis</i>	Plántulas	Naranja	Sembrar o plantar	E.U.A.	E.U.A.	No provengan de Florida
1323-131-4188-USA-USA	<i>Citrus sinensis</i>	Plántulas	Naranja	Sembrar o plantar	E.U.A.	E.U.A.	No provengan de Florida
1940-131-3423-USA-USA	<i>Prunus avium</i>	Arboles	Cereza	Sembrar o plantar	E.U.A.	E.U.A.	El producto se encuentre libre de <i>X.f.f</i>
1940-131-3962-USA-USA	<i>Prunus avium</i>	Plántulas	Cereza	Sembrar o plantar	E.U.A.	E.U.A.	El producto se encuentre libre de <i>X.f.f</i>
2194-131-4338-USA-USA	<i>Vitis vinifera</i>	Sarmientos, Barbados, Plantas	Vid	Sembrar o plantar	E.U.A.	E.U.A.	CF <i>X.f.f</i> zonas libres de la plaga en México.

Fuente: SENASICA, 2019a. CF: Certificado Fitosanitario libre de la plaga.

Cuadro 9. Destino de mercancías importadas como hospedantes de *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* ingresadas a México, en el año 2018.

Capítulo	Descripción	Ags	BC	Cdmx	Coah.	Jal.	Qro.	Son.	Total (Ton)
06022002	Barbados de vid		36.64			49.40		476.63	562.67
06022003	Plantas de vid	6.33	85.87	62.94	7.88		2.97	0.99	166.97

Fuente: *Com. Pers.* OISA, 2018.

La probabilidad de que esta bacteria se disperse una vez que ha entrado por medio de material vegetal, a partir de los puntos de introducción al país, es alta debido a que el material vegetal hospedante de *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* que fueron ingresadas a México, presentan como destino los estados de Baja California, Sonora, Querétaro, Jalisco, Ciudad de México, Coahuila y Aguascalientes, la bacteria puede ingresar al país durante la movilización comercial de este material, desde el 2003 la movilización de material ha sido constante, ya que estos tienen como destino los estados de mayor producción de uva, por lo que se considera que la dispersión de la plaga puede ingresar a nuevas zonas del país (**Figura 7**).

Cuadro 10. Origen, procedencia y volumen de mercancías hospedantes de *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* ingresadas a México, por diversas aduanas, en el año 2018.

Fracción arancelaria	País de origen	Aduana	Mercancía	Cantidad (ton)	Valor Comercial (USD)
6022002	E.U.A.	Nogales, Nogales, Sonora	Plantones para injertar (barbados), de longitud inferior o igual a 80 cm	520.18	9,536,062.13
6022002	E.U.A.	Tijuana, Tijuana, Baja California	Plantas para injertar (barbados), de longitud inferior o igual a 80 cm	55.44	895,359.35
6022003	España	Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México	Estacas de vid	63.57	2,768,609.54
6022003	Francia	Altamira, Altamira, Tamaulipas	Estacas de vid	15.80	758,529.88
6022003	E.U.A.	Tijuana, Tijuana, Baja California	Estacas de vid	159.37	930,825.54

Fuente: SIAP, 2019. E.U.A. Estados Unidos de América



Figura 7. Importación de estacas y barbados de vid a México, 2018.

Conclusión de la probabilidad de entrada

La probabilidad de entrada de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* a México es ALTA debido a que:

- Puede ingresar en material vegetal infectado en cargamentos enviados terrestre o aéreo desde países con presencia de la plaga.
- Países como Estados Unidos de Norteamérica, es el principal proveedor de material vegetal hacia México, del que se importa volúmenes considerables de material vegetal propagativo, lo cual hace probable que *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* pueda ingresar a México en plantas infectadas de algún cargamento que se movilice desde Estados Unidos con presencia de la plaga hacia México.
- Durante una inspección es difícil de detectar plantas asintomáticas, y/ o sarmientos, barbados, varetas que no presenten síntomas visibles de la bacteria.
- Existen reportes de intercepciones de *X. fastidiosa* por diversas autoridades, quienes mencionan que cada vez son más frecuentes en las importaciones de diversos hospedantes de la bacteria.

4.1.2.2. Probabilidad de establecimiento

La probabilidad de que *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* se establezca en otras áreas vitivinícolas de Baja California, Coahuila y Querétaro, así como en otros estados, se determinará considerando los aspectos siguientes:

Hospedantes potenciales

Se encontró que *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* tiene preferencia por las especies vegetales pertenecientes a la familia Vitaceae, Fabaceae, Rosaceae, Asteraceae, Poaceae, Apiaceae, entre otras. Por lo que se llevó a cabo una revisión bibliográfica de los principales cultivos comerciales y malezas, plantas silvestres y de introducción con potencial hospedante para *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* a nivel nacional.

El panel de sanidad vegetal de la EFSA (European Food Safety Authority) (2018) elaboró una lista de plantas hospedantes de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* a nivel mundial con base en revisión de literatura científica, en donde reporta como hospedantes de la bacteria a 75 especies; 33 de forma natural y 42 especies de forma experimental. Entre los cultivos susceptibles a la bacteria se encuentran la vid (*Vitis vinifera* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), café (*Coffea*

arabiga), durazno (*Prunus persica*), naranja (*Citrus cinensis*), romero (*Rosmarinus officinalis* L.). Así también especies forestales como maple (*Acer* spp.), almendro (*Prunus dulcis* Mill., L.), nogal (*Juglans regia* L.), magnolia (*Magnolia grandiflora* L.), rosa laurel (*Nerium oleander* L.), sauco (*Sambucus* sp.), spartium (*Spartium junceum* L.), además de 26 especies arvenses silvestres (**Cuadro 11**).

Hospedantes comerciales

En México se determinó un total de 1,504,338 hectareas de cultivos susceptibles a *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* (vid, alfalfa, café, durazno, naranja y romero), con un valor de producción de 44,249,772 miles de pesos (SIAP, 2019) (**Cuadro 12** y **Figura 11**), a nivel estatal Baja California contribuye con 37,872.6 hectáreas de cultivos susceptibles.

Para el ciclo agrícola 2018 se sembraron alrededor de 36,654 hectáreas de vid hospedante principal de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, tuvo una producción de más de 444,446 toneladas de uva anuales con un valor de producción de 9,138 mil millones de pesos (SIAP, 2019) (**Cuadro 13**). Sonora, Zacatecas y Baja California son los principales estados productores en el país, estos generan el 95% de la producción nacional, 97 % de uva de consumo en fresco, 78 % de uva industrial de vinos y jugos y 100 % de uva deshidratada (SIAP, 2019) (**Figura 8**). Para el 2018 Baja California produjo 16,636 toneladas valoradas en 365,189.44 millones de pesos, (SIAP, 2019), este destina el 88% de su producción a la elaboración de vino de mesa, su municipio Ensenada, es el principal productor a nivel nacional de vid industrial, este concentra 166 de las 195 unidades de producción de vid del estado, la producción de vino es de suma importancia para la economía estatal, este posee una calidad internacional reconocida con más de 400 premios y reconocimientos internacionales (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2010). En 2018, se exportó 3 millones 506 mil litros de jugos y vinos de uva. Cada año, México produce alrededor de 2 millones 400 mil cajas de vino, mientras que la demanda interna es de más de 9 millones de cajas (**Figura 9** y **10**).

Cuadro 11. Hospedantes de *X.fastidiosa* subsp. *fastidiosa* reportados por EFSA y codumentados con presencia en México

Plantas reportadas en forma experimental	Presencia en México	Plantas reportadas en forma natural	Presencia en México
<i>Amaranthus blitoides</i> S. Watson Caryophyllales: Amaranthaceae	SI	<i>Acer sp.</i> (Arce) Sapindales: Sapindaceae	SI
<i>Ambrosia acanthicarpa</i> Hook. Asterales: Asteraceae	SI	<i>Calicotome spinosa</i>	NO
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. Asterales: Asteraceae	SI	<i>Cercis occidentalis</i> Torr. ex A. Gray Fabaceae: Fabales	NO
<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don Gentianales: Apocynaceae	SI	<i>Cistus monspeliensis</i> L. Malvales: Cistaceae	NO
<i>Chenopodium quinoa</i> Willd. Caryophyllales: Amaranthaceae	SI	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck (Naranja) Sapindales: Rutaceae	SI
<i>Conium maculatum</i> L. Apiales: Apiaceae	SI	<i>Coffea arabica</i> L. (Café) Gentianales: Rubiaceae	SI
<i>Convolvulus arvensis</i> L. Solanales: Convolvulaceae	SI	<i>Erysimum sp.</i> Brassicales: Brassicaceae	NO
<i>Cyperus esculentus</i> L. Poales: Cyperaceae	SI	<i>Genista lucida</i>	NO
<i>Datura wrightii</i> Regel Solanales: Solanaceae	SI	<i>Juglans regia</i> L. (Nogal, Nogal castaña) Fagales: Juglandaceae	SI
<i>Chrysanthemum X morifolium</i> Ramat. (pro sp.) (<i>Dendranthema x grandiflorum</i>) Asterales: Asteraceae	SI	<i>Lupinus westianus</i> var. <i>aridorum</i> (McFarlin ex Beckner) Isely (<i>Lupinus aridorum</i>) Fabales: Fabaceae	NO
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv. Poales: Poaceae	SI	<i>Magnolia grandiflora</i> L. (Magnolia) Magnoliales: Magnoliaceae	SI
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist (<i>Erigeron canadensis</i>) Asterales: Asteraceae	SI	<i>Medicago sativa</i> L. (Alfalfa) Fabales: Fabaceae	SI
<i>Eriochloa acuminata</i> var. <i>acuminata</i> (J. Presl) Kunth (<i>Eriochloa gracilis</i>) Poales: Poaceae	SI	<i>Metrosideros sp.</i>	NO
<i>Erodium moschatum</i> (L.) L'Her. ex Aiton Geraniales: Geraniaceae	SI	<i>Nerium oleander</i> L. (Rosa laurel) Gentianales: Apocynaceae	SI
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh. Myrtales: Myrtaceae	SI	<i>Pluchea odorata</i> (L.) Cass Asterales: Asteraceae	NO
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill. Myrtales: Myrtaceae	SI	<i>Polygala myrtifolia</i> L. Fabales: Polygalaceae	NO
<i>Helianthus annuus</i> L. (Girasol) Asterales: Asteraceae	SI	<i>Prunus avium</i> (L.) L. Rosales: Rosaceae	NO
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth Solanales: Convolvulaceae	SI	<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A. Webb (Almendro) Rosales: Rosaceae	SI
<i>Lactuca serriola</i> L. Asterales: Asteraceae	SI	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch (Durazno) Rosales: Rosaceae	SI

Plantas reportadas en forma experimental	Presencia en México	Plantas reportadas en forma natural	Presencia en México
<i>Malva parviflora</i> L. Malvales: Malvaceae	SI	<i>Rhamnus alaternus</i> L. Rosales: Rhamnaceae	
<i>Medicago sativa</i> L. (Alfalfa) Fabales: Fabaceae	SI	<i>Rosmarinus officinalis</i> L. (Romero) Lamiales: Lamiaceae	SI
<i>Nicotiana glauca</i> Graham Solanales: Solanaceae	SI	<i>Sambucus nigra</i> spp. <i>canadensis</i> (L.) R. Bolli (= <i>Sambucus canadensis</i>) Dipsacales: Adoxaceae	SI
<i>Nicotiana tabacum</i> L. (Tabaco) Solanales: Solanaceae	SI	<i>Sambucus</i> sp. (Sauco) Dipsacales: Adoxaceae	SI
<i>Olea europaea</i> L. Lamiales: Oleaceae	SI	<i>Spartium junceum</i> L. Fabales: Fabaceae	SI
<i>Portulaca oleracea</i> L. Caryophyllales: Portulacaceae	SI	<i>Streptocarpus</i> spp. híbridos Lamiales: Gesneriaceae	NO
<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A. Webb Rosales: Rosaceae	NO	<i>Vitis aestivalis</i> Michx. Vitales: Vitaceae	NO
<i>Prunus persica</i> Batsch (Durazno) Rosales: Rosaceae	SI	<i>Vitis mustangensis</i> Buckley (= <i>Vitis candicans</i>) Vitales: Vitaceae	SI
<i>Prunus</i> sp.	SI	<i>Vitis cinerea</i> var. <i>helleri</i> (L.H.Bailey) M.O. Moore Vitales: Vitaceae	SI
<i>Prunus webbii</i> Rosales: Rosaceae	NO	<i>Vitis vulpina</i> L. Vitales: Vitaceae	NO
<i>Rubus ursinus</i> Cham. & Schltld. Rosales: Rosaceae	SI	<i>Vitis girdiana</i> Munson Vitales: Vitaceae	SI
<i>Rumex crispus</i> L. Caryophyllales: Polygonaceae	SI	<i>Vitis rotundifolia</i> Michx. Vitales: Vitaceae	SI
<i>Simmondsia chinensis</i> (Link) C.K. Schneid. Caryophyllales: Simmondsiaceae	SI	<i>Vitis</i> sp. Vitales: Vitaceae	SI
<i>Solanum lycopersicum</i> L. (Jitomate) Solanales: Solanaceae	SI	<i>Vitis vinifera</i> L. Vitales: Vitaceae	SI
<i>Solanum melongena</i> L. Solanales: Solanaceae	SI		
<i>Sonchus oleraceus</i> L. Asterales: Asteraceae	SI		
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. Poales: Poaceae	SI		
<i>Vaccinium corymbosum</i> L. Ericales: Ericaceae	NO		
<i>Vaccinium</i> sp.	SI		
<i>Vicia faba</i> L. (Haba) Fabales: Fabaceae	SI		
<i>Vicia sativa</i> L. Fabales: Fabaceae	SI		
<i>Vitis vinifera</i> L. (Vid) Vitales: Vitaceae	SI		
<i>Xanthium strumarium</i> L. Asterales: Asteraceae	SI		

Cuadro 12. Cultivos susceptibles a *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en México

Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Súoperficie cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (udm/ha)	PMR (\$/udm)	Valor Producción (miles de pesos)
Alfalfa verde	387,004	386,163	33,711,846	87	549	18,522,355
Café cereza	712,016	629,799	859,992	1	5,810	4,996,189
Durazno	28,842	25,562	160,663	6	8,731	1,402,810
Naranja	339,759	326,689	4,737,990	15	2,150	10,186,462
Romero	61	60	385	6	9,085	3,494
Uva	36,655	34,380	444,447	13	20,561	9,138,461
Total	1,504,338	1,402,654	39,915,323	129	46,887	44,249,772

Fuente: SIAP, 2019. Ciclo agrícola 2018.

Cuadro 13. Producción del cultivo de uva, 2010 a 2018 en México

Año	Superficie (ha)		Producción	Rendimiento (udm/ha)	PMR (\$/udm)	Valor Producción (miles de Pesos)
	Sembrada	Cosechada				
2010	3431.81	3018.34	24069.97	7.97	9507.92	228855.45
2011	3671.81	3271.7	23472.12	7.17	9774.13	229419.65
2012	3,768.06	3,285.96	25,345.53	7.71	10,525.68	266,778.89
2013	3,805.75	3,524.12	24,234.25	6.88	12,967.96	314,268.86
2014	3,937.78	3,644.75	24,704.66	6.78	10,833.09	267,627.88
2015	4,250.63	3,836.62	22,188.26	5.78	12,329.43	273,568.58
2016	4,247.78	3,715.21	19,002.41	5.11	13,226.94	251,343.65
2017	4,278.58	3,898.04	24,153.59	6.2	18,215.27	439,964.21
2018	4,617.46	4,432.66	19,941.63	4.5	21,456.31	427,873.77

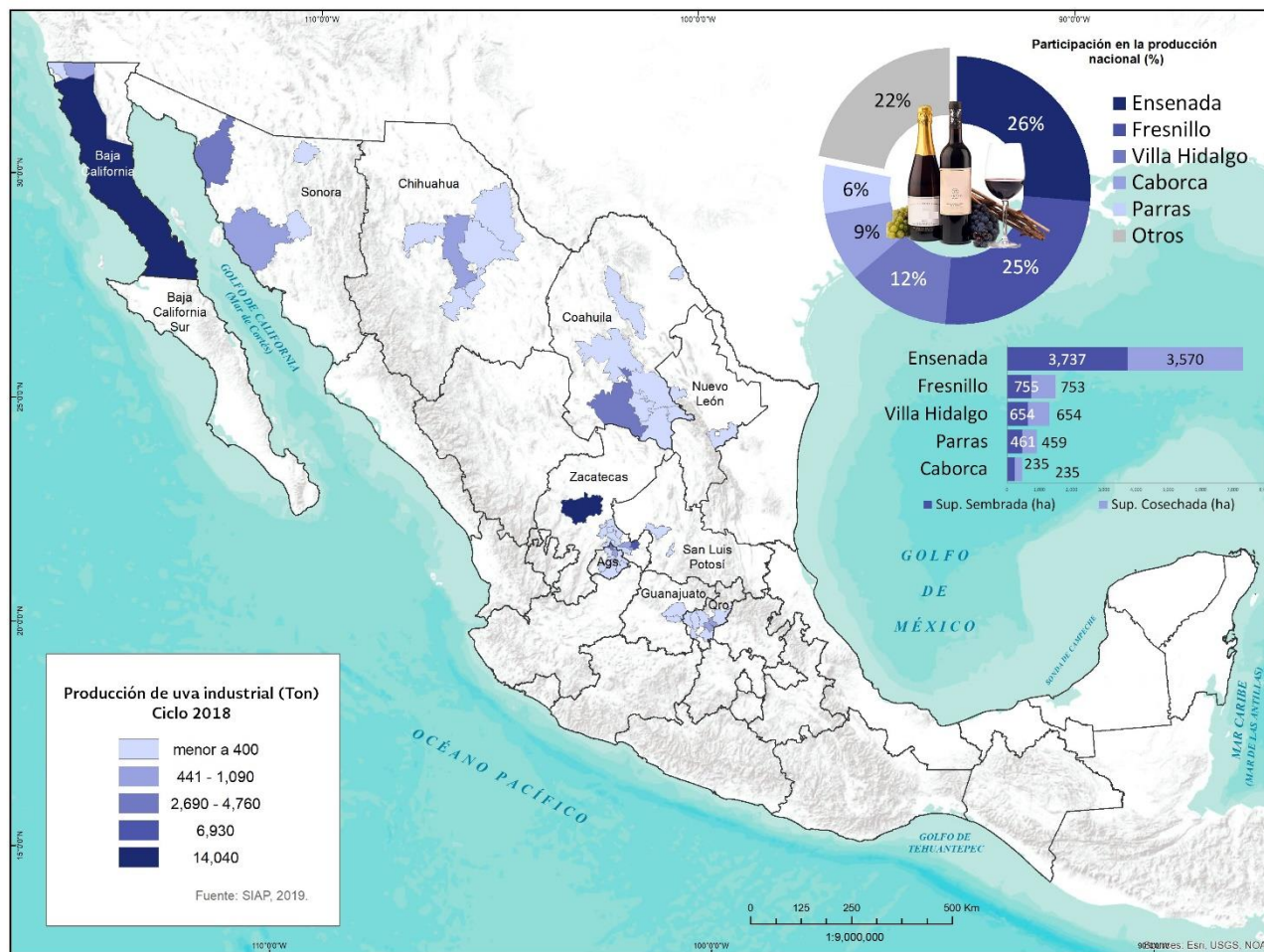
Fuente: SIAP, 2019.

Hospedantes forestales y arvenses

En cuanto a especies forestales hospedantes de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* (EFSA, 2018a), se encontró un total de 791 sitios con presencia de *Hacer*, *Juglans*, *Magnolia* y *Sambucos* en México de acuerdo a lo reportado por CONAFOR (2016) (**Figura 12**).

Respecto a especies silvestres, malezas y especies introducidas reportadas como hospedantes de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* (EFSA, 2018a), se encontraron 26 especies presentes en México, distribuidas de forma irregular en los 32 estados de la república mexicana.

Coahuila, Oaxaca, Puebla, México, Veracruz, Baja California y Sonora concentraron el mayor número de especies (**Cuadro 15, Figura 13**), mientras que Quintana Roo, Aguascalientes y Campeche fueron los que presentaron el menor número. El estado de México, Veracruz, Sonora, Michoacán, Durango, Chihuahua, Oaxaca, Chiapas, Puebla, Baja California, Sonora y Ciudad de México fueron los que presentaron mayor densidad de sitios con presencia de hospedantes (52% de los registros totales). *Sorghum halepense*, *Ipomoea purpurea*, *Cyperus esculentus* y *Echinochloa crus-galli* fueron las especies con mayor distribución pues estuvieron presentes en 1,077 sitios y 32 estados, 947 (30), 702 (31) y 664 (28), respectivamente. Por el contrario, *Ambrosia acanthicarpa*, *Datura wrightii*, *Simmondsia chinensi* y *Amaranthus blitoides* se encontraron en menos de 6 estados (**Cuadro 14 y Figura 13**).



ELABORADO: MARIA MARGARITA OLIVA HURTADO

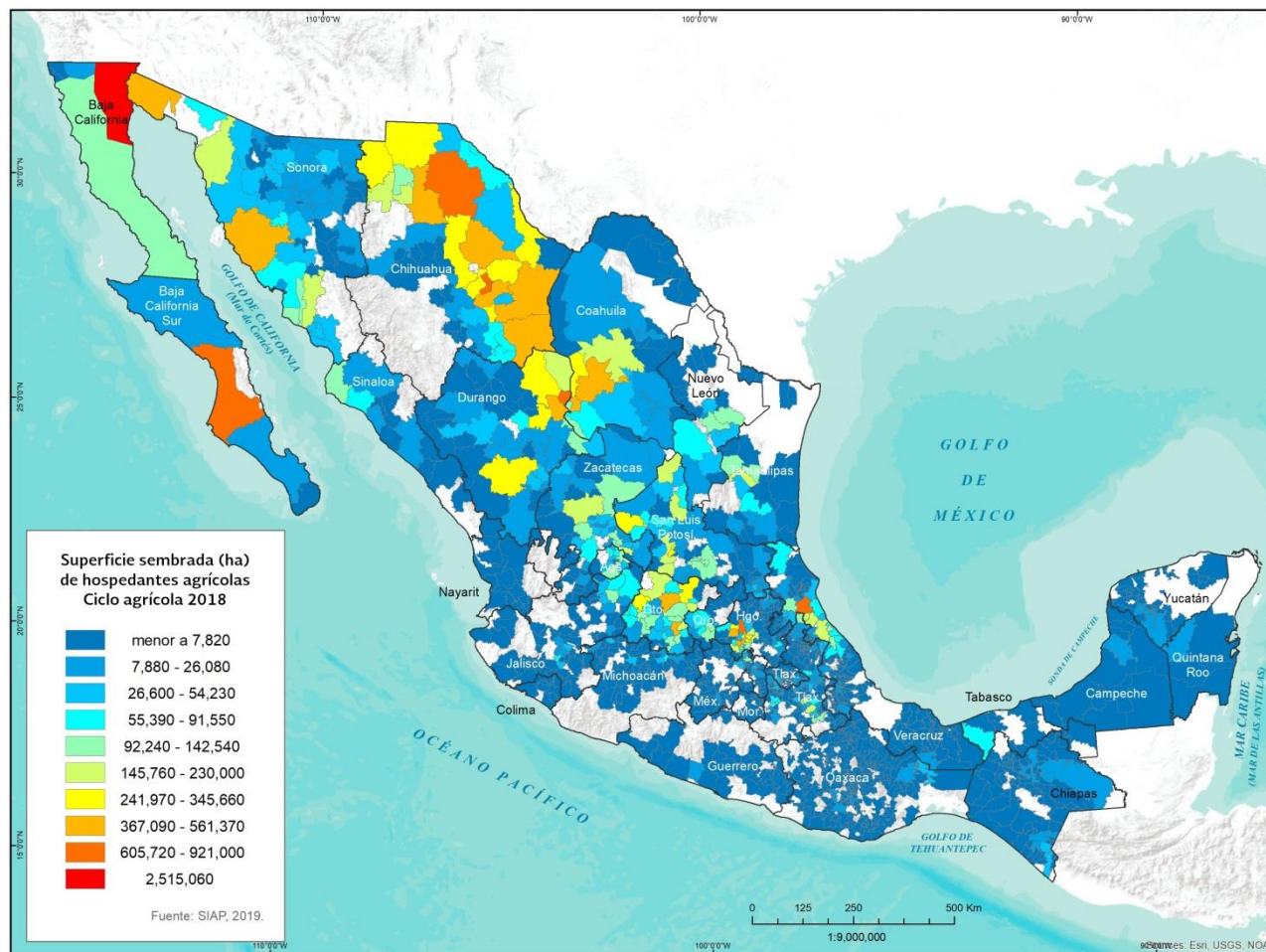
Figura 9. Producción del cultivo de uva industrial (*Vitis vinifera*) en México. Fuente: SIAP, 2019. Elaboración propia.



ELABORADO: MARIA MARGARITA OLIVA HURTADO

Figura 10. Principales destinos de exportación de uva industrial para vino (*Vitis vinifera*) de México. Fuente: SIAP, 2019.

Elaboración propia.



ELABORADO: MARIA MARGARITA OLIVA HURTADO

Figura 11. Distribución de hospedantes agrícolas en México. Fuente: SIAP, 2019. Elaboración propia.

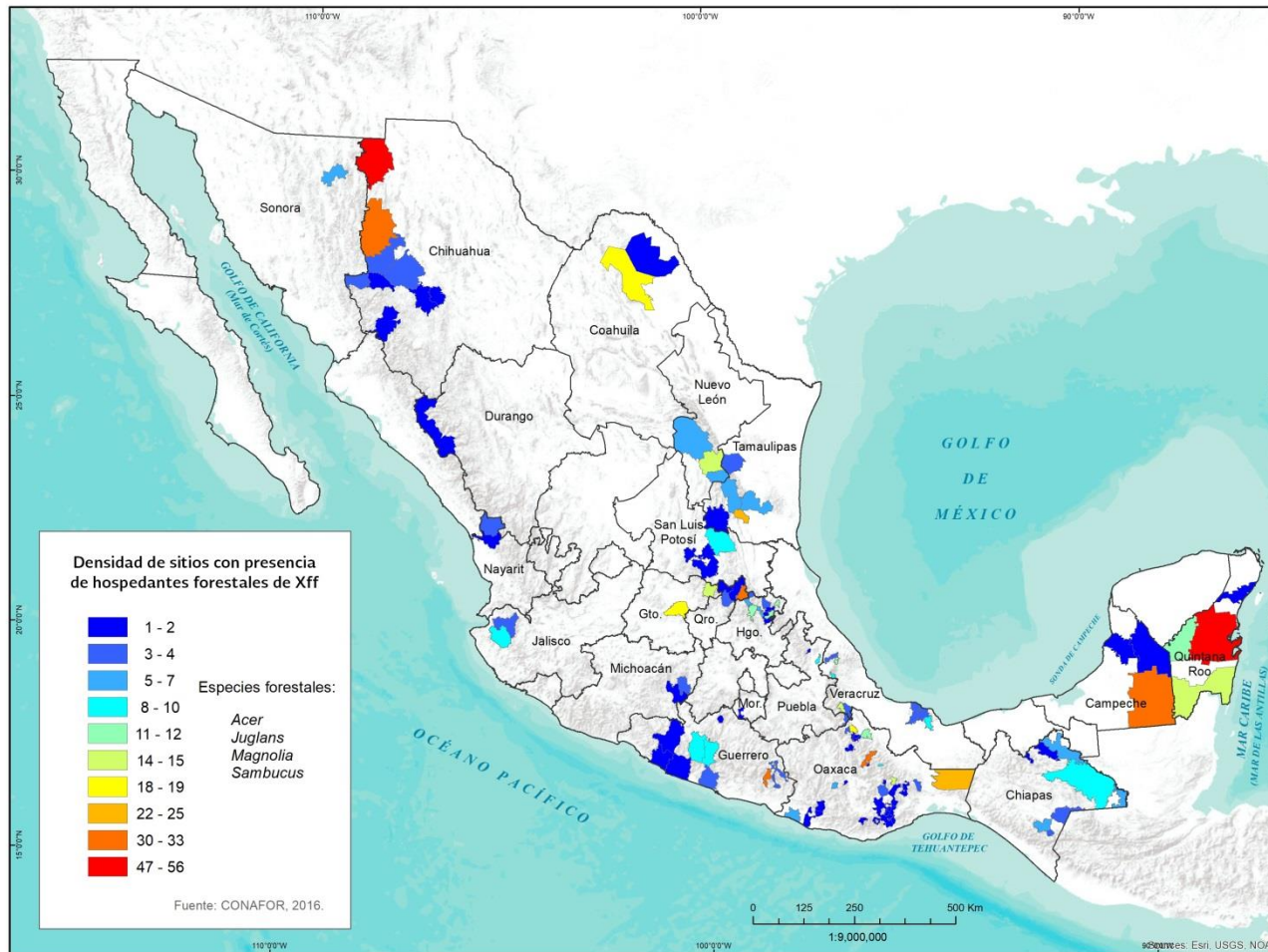


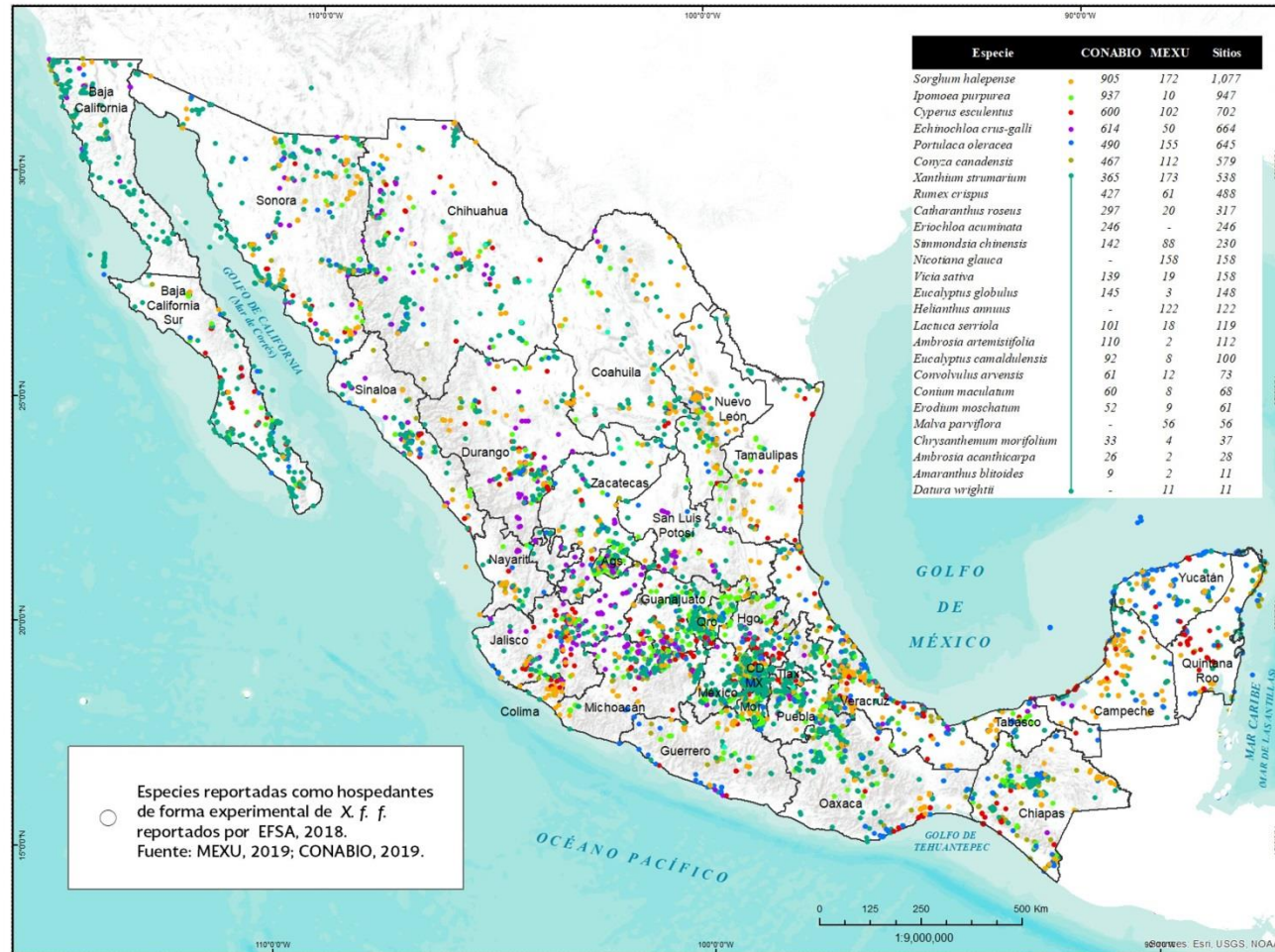
Figura 12. Distribución de hospedantes forestales en México. Fuente: CONAFOR, 2016. Elaboración propia.

Cuadro 14. Hospedantes de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en México.

Especie	CONABIO	MEXU	Sitios
<i>Sorghum halepense</i> *	905	172	1,077
<i>Ipomoea purpurea</i> *	937	10	947
<i>Cyperus esculentus</i> *	600	102	702
<i>Echinochloa crus-galli</i> *	614	50	664
<i>Portulaca oleracea</i> *	490	155	645
<i>Conyza canadensis</i> *	467	112	579
<i>Xanthium strumarium</i> *	365	173	538
<i>Rumex crispus</i> *	427	61	488
<i>Catharanthus roseus</i> *	297	20	317
<i>Eriochloa acuminata</i> *	246	-	246
<i>Simmondsia chinensis</i> **	142	88	230
<i>Nicotiana glauca</i> *	-	158	158
<i>Vicia sativa</i> *	139	19	158
<i>Eucalyptus globulus</i> ***	145	3	148
<i>Helianthus annuus</i> *	-	122	122
<i>Lactuca serriola</i> *	101	18	119
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> *	110	2	112
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> ***	92	8	100
<i>Convolvulus arvensis</i> *	61	12	73
<i>Conium maculatum</i> *	60	8	68
<i>Erodium moschatum</i> *	52	9	61
<i>Malva parviflora</i> *	-	56	56
<i>Chrysanthemum morifolium</i> ***	33	4	37
<i>Ambrosia acanthicarpa</i> **	26	2	28
<i>Amaranthus blitoides</i> *	9	2	11
<i>Datura wrightii</i> *	-	11	11

*Maleza (Villaseñor y Espinoza, 1998), **Especie silvestre (especie endémica del desierto de Sonora, se asocia con *Yucca* sp. (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999), *** Especie introducida. Fuente:

IBUNAM, 2019 y CONABIO, 2019.



ELABORADO: MARIA MARGARITA OLIVA HURTADO

Figura 13. Distribución de hospedantes silvestres en México. Fuente: MEXU, 2019; CONABIO, 2019. Elaboración propia.

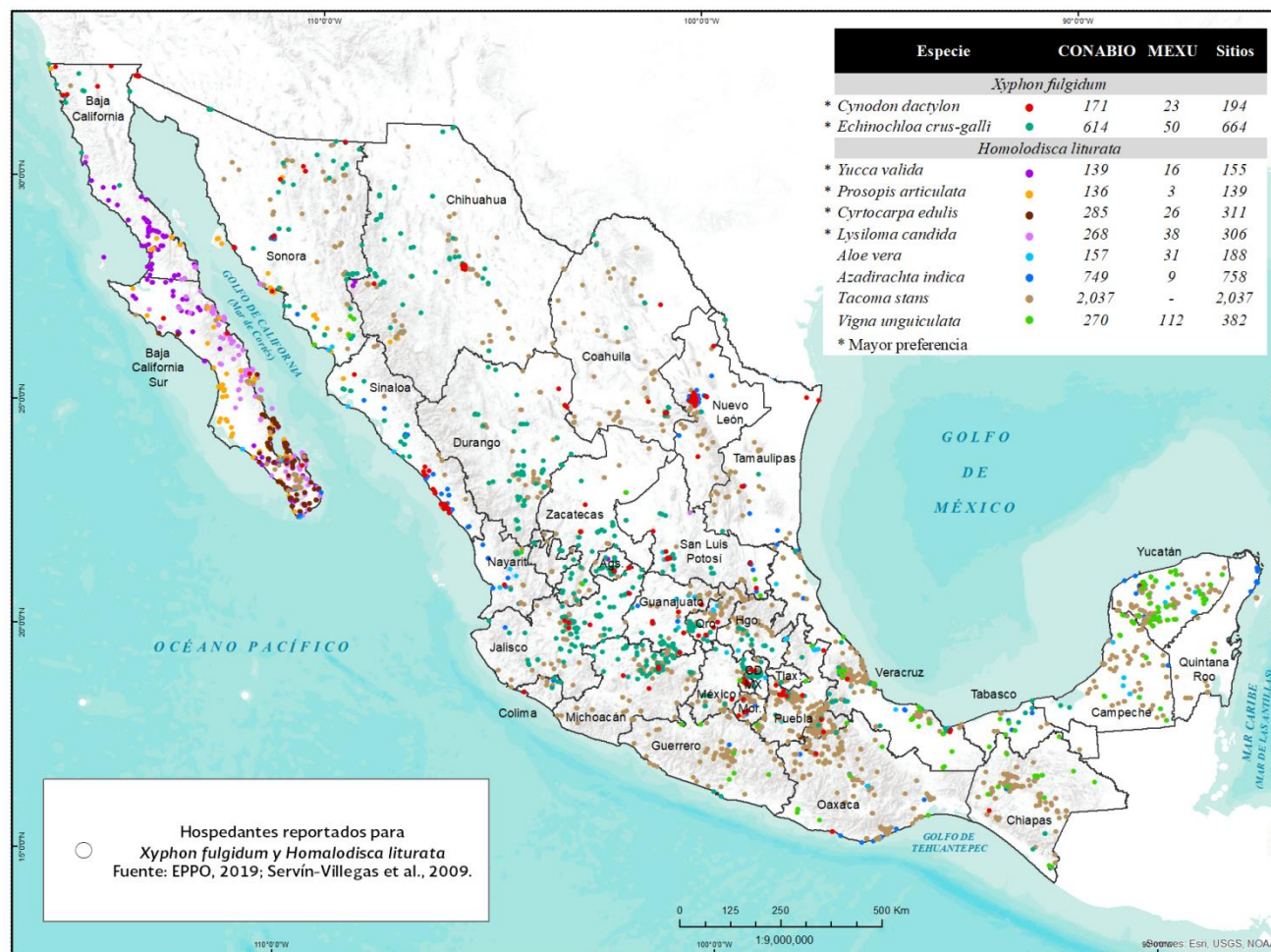


Figura 14. Distribución de hospedantes silvestres de vectores en México. Fuente: MEXU, 2019; CONABIO, 2019.

Condiciones ambientales

De acuerdo al modelaje realizado con el software Máxima Entropía (MaxEnt) se compararon las condiciones climáticas de 111 sitios con presencia de la plaga: América, en Estados Unidos de América (California, Distrito de Columbia, Florida, Georgia, Luisiana, Maryland, Texas y Carolina del Norte) [Goheen *et al.*, 1978; Postnikova *et al.*, 2008], Costa Rica, México (Baja California, Coahuila y Querétaro) [Aguilar *et al.*, 2008; Nunney *et al.*, 2010], en Asia se reporta en Taiwan, y en Europa en Alemania y España (Islas Baleares) (EPPO, 2018) obtenidas de la base de datos de GBIF (2019) y de la DGSV del SENASICA (**Figura 15**).

El modelo MaxEnt arrojó que alrededor del 70% del territorio mexicano cuenta con condiciones climáticas similares a los sitios con ocurrencias a nivel internacional y nacional, en diferentes grados de similitud. Tal y como se muestra en la **Figura 16**, se observa que los estados con mayor índice de similitud (> 0.5) son Sonora, Sinaloa, Baja California, Veracruz, Campeche, Zacatecas, Nayarit, y porciones de Michoacán, Oaxaca y Yucatán, 16 estados cuentan con condiciones con un índice de similitud menor a 0.5.

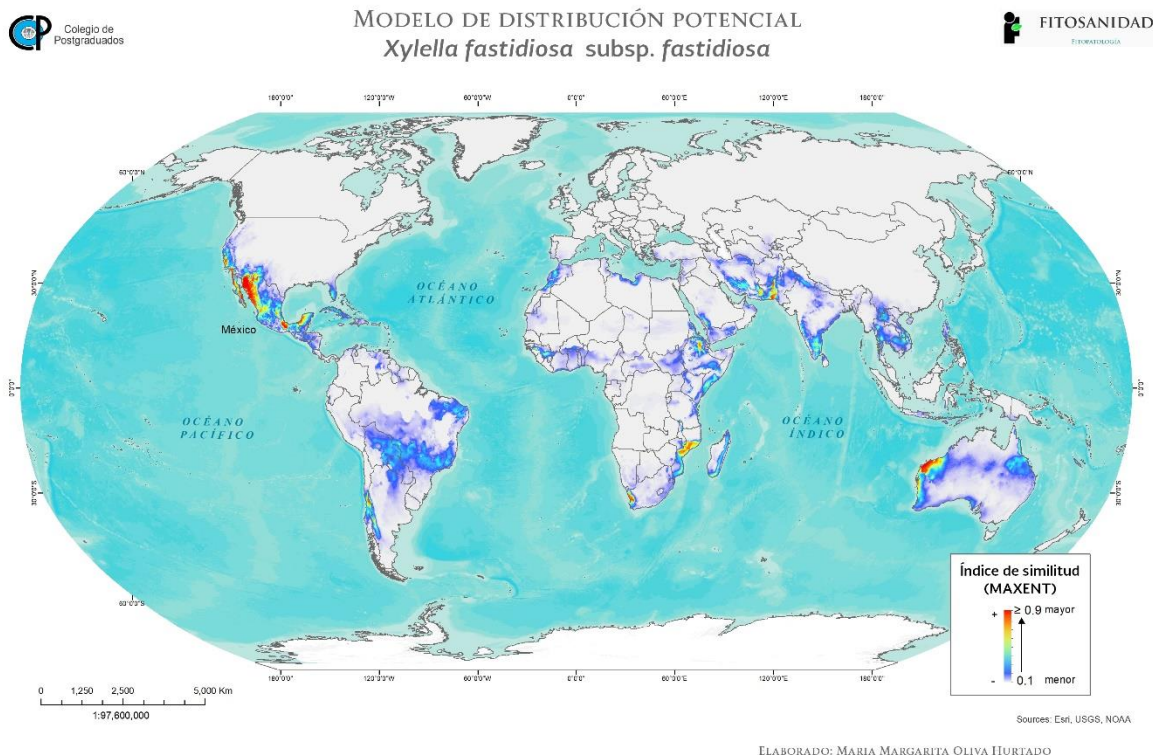
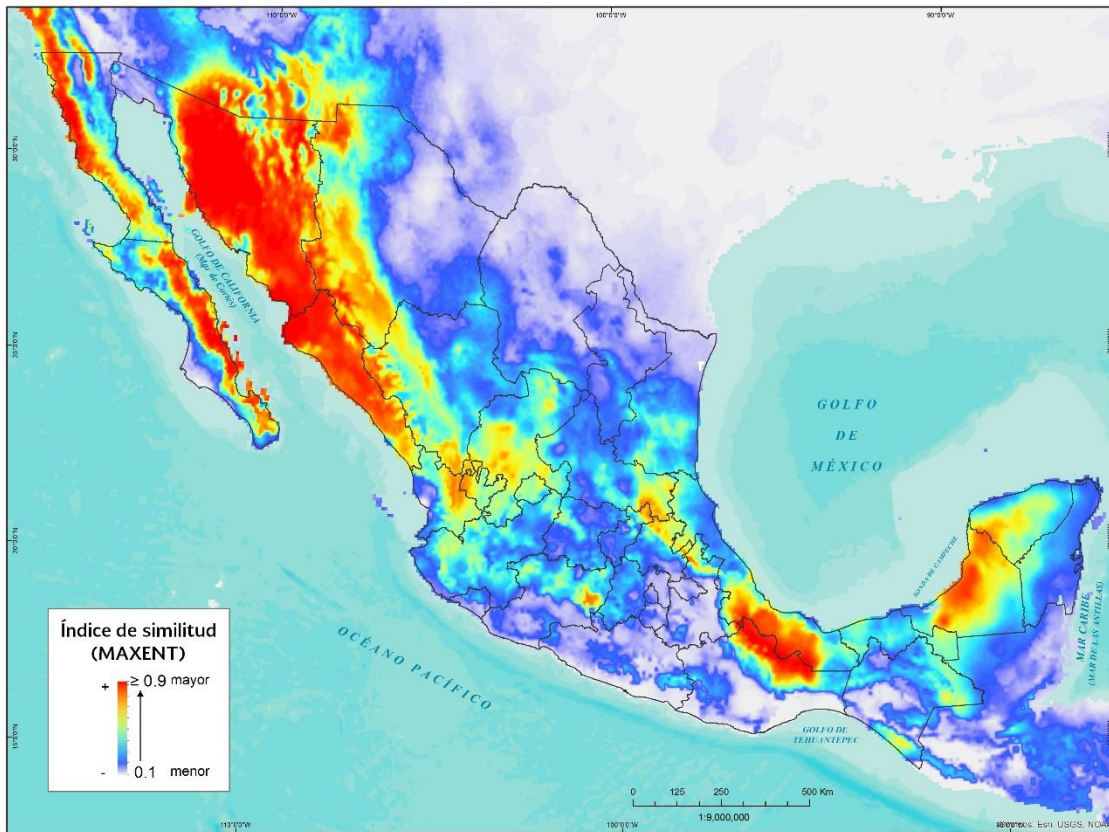


Figura 15. Modelo de distribución potencial (MAXENT) mundial de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*. Elaboración propia.



ELABORADO: MARIA MARGARITA OLIVA HURTADO

Figura 16. Modelo de distribución potencial (MaxEnt) de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en México. Elaboración propia.

Modelo climático nacional

Se realizó el modelado climático nacional para *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, con base en la información disponible de la red de estaciones climatológicas del SMN. Se modeló las variables de temperatura máxima promedio climático y la temperatura mínima promedio climática a nivel nacional. Se consideró para el modelo las temperaturas reportadas por Feil y Purcell (2001) de *X. fastidiosa*: temperatura óptima de 25°C a los 28°C (32°C), temperatura mínima de 5°C y temperaturas máxima de 34°C, superior a ésta se limita su supervivencia (Figura 17 y 18).

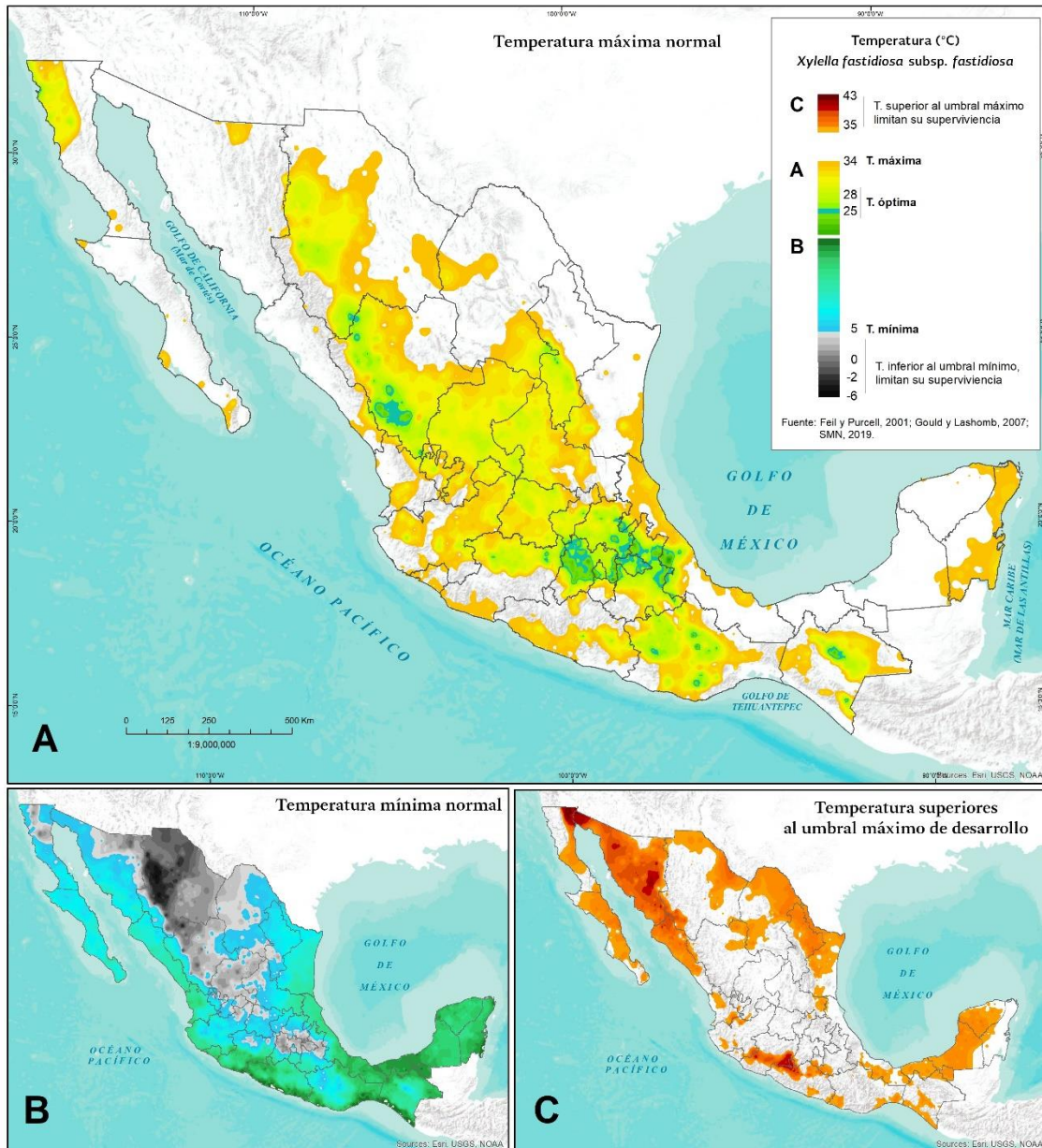
El modelo de condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* reveló que el centro y norte del estado de Baja California alcanza temperaturas máximas de 28°C a 34°C, así mismo el 65% del territorio nacional presenta temperaturas máximas de 20°C a 34°C. En cuanto a las condiciones de temperatura mínima normal la mayor parte del estado de Baja California presenta condiciones mínimas óptimas de 5°C a 9°C, así mismo el 70% del territorio nacional presenta temperaturas mínimas normales de 5°C a 19°C (**Figura 17 y 18**).

Sonora, Baja California Sur, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Michoacán, Campeche y Yucatán presentan temperaturas superiores al umbral máximo de desarrollo de la bacteria, entre 35°C y 43°C que limitan su supervivencia. Algunas zonas del norte y centro del país: Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato, Estado de México, Tlaxcala y Puebla presentan temperaturas por debajo de las óptimas mínimas que van de 5°C a -6°C que limitan la supervivencia de la bacteria (**Figura 17 y 18**).

Conclusión de la probabilidad de establecimiento en nuevas áreas

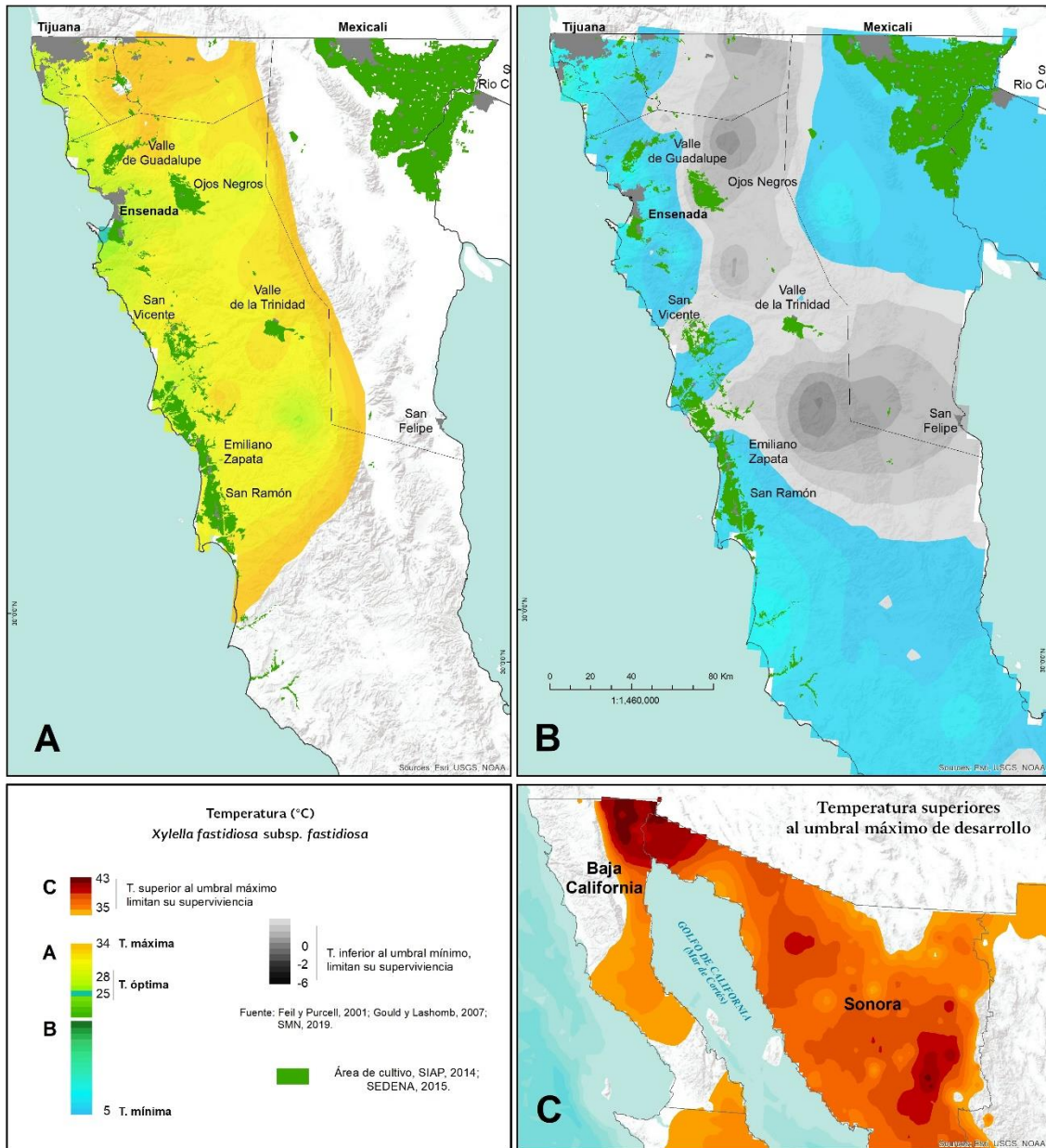
La probabilidad de que la plaga se establezca en nuevas áreas es Alta debido a que:

- México cuenta con disponibilidad de hospedantes presentes en territorio nacional tanto de cultivos de importancia económica (alfalfa, café, durazno, naranja, romero), como especies herbáceas, silvestres, de introducción y forestales alternos al principal hospedante de la bacteria (vid).
- Aunado a esto, los insectos vectores *Xyphon fulgidum* y *Homalodisca liturata* presentes en Baja California son polívoros, se alimentan de diversas plantas, entre las cuales se encuentran especies hospedantes que comparte tanto las chicharritas como la bacteria.
- Las condiciones climáticas de las áreas donde se ha reportado la enfermedad a nivel internacional presentan similitud con las condiciones presentes en México.
- El hábitat de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en Taiwán, Islas Baleares, Estados Unidos de América se encuentran entre la misma franja de latitudes en las que México se encuentra ubicado y con condiciones climáticas similares, lo cual indica que potencialmente pudiera establecerse en nuevas áreas del territorio nacional.
- Las condiciones climáticas prevalecientes en la mayor parte del territorio mexicano son óptimas para el desarrollo de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*.



ELABORADO: MARIA MARGARITA OLIVA HURTADO

Figura 17. Condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en México. Elaboración propia.



ELABORADO: MARÍA MARGARITA OLIVA HURTADO

Figura 18. Condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en México. Elaboración propia.

- Los hospedantes agrícolas, herbáceos y forestales se distribuyen prácticamente en la mayor parte del territorio mexicano, no obstante, de los municipios con presencia de la bacteria, las zonas próximas a estos son las áreas con mayor riesgo de establecimiento, debido a la cercanía geográfica, disponibilidad de hospedantes, condiciones climáticas, movilidad antrópica y comerciales de las zonas, lo que aumenta el establecimiento en áreas nuevas.

4.1.2.3. Probabilidad de dispersión

Los insectos vectores son el único mecanismo de dispersión natural de *X. fastidiosa*. Tras alimentarse de una planta infectada, adquieren rápidamente la bacteria y se convierten en individuos infecciosos. El período de incubación de la enfermedad, que va desde la infección hasta la aparición de síntomas, es relativamente largo sobre todo en plantas arbóreas de gran porte. Esto implica que una parte importante del proceso de dispersión se da de forma asintomática, con plantas infectadas e infecciosas, pero que todavía no muestran síntomas visibles. Como ya se ha indicado, los insectos vectores pierden la capacidad de transmitir *X. fastidiosa* con la muda, pero cuando un individuo adulto adquiere la bacteria, puede transmitirla durante todo su período de vida (Vicent, 2017).

Los insectos vectores pueden dispersarse a largas distancias por las corrientes de viento. Por ejemplo, se ha descrito que *Macrosteles fascifrons* puede desplazarse con el viento desde las costas del Golfo de México hasta los estados del norte de EEUU (Hoy *et al.*, 1992). *Homalodisca vitripennis* se desplaza hasta 90 m en 6 horas, y hasta 4.2 metros en forma vertical (Blackmer *et al.*, 2004). A diferencia de ésta, *H. liturata* llega a desplazarse hasta 150 metros en 6 horas (Blackmer *et al.*, 2004) y hasta 7 metros de forma vertical, pero es menos frecuente su desplazamiento, en comparación con *H. vitripennis*. A su vez, *Xyphon fulgidum* y *Draeculacephala minerva* pasan el invierno en bancos de arroyos y, en la primavera y el verano, se mueven en viñedos donde se alimentan de vides. Estos se alimentan exclusivamente de nuevos brotes suculentos debido a su aparato bucal (Purcell, 1975). A partir de esto, la dispersión de los vectores avanza a una velocidad variable según las condiciones climáticas, la densidad poblacional del vector, eficiencia de los vectores y la susceptibilidad de las plantas hospedantes (Vicent, 2017).

Campaña contra Enfermedad de Pierce (*Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*)

De acuerdo a los datos reportados por la Campaña Nacional de la Enfermedad de Pierce en Baja California, las detecciones de plantas positivas a *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* tuvo una estacionalidad de julio a agosto, detectada principalmente en la etapa de crecimiento de baya y cosecha (**Cuadro 18**). Así mismo reportan que los principales vectores capturados en la zona vitivinícola del Valle de Guadalupe fueron *Xyphon fulgidum* y *H. liturata* del 2010 al 2018. Los meses de mayor captura de *H. liturata* en el Valle de Guadalupe fueron de mayo a octubre, fecha coincidente con la temporada de sequía en la zona, la cual se presenta de mayo a septiembre (climograma, estación Agua Caliente, B.C., CONAGUA) y la etapa de desarrollo y cosecha del cultivo de vid (CESAVEBC-SAGARPA-SENASICA, 2011). Las capturas de *X. fulgidum* en comparación con la de *H. liturata* es mucho menor, debido a que este no es atraído por las trampas amarillas, y predominantemente se localiza en las áreas circundantes a los viñedos y no como tal en el cultivo (**Cuadro 16** y **Figura 18**). El número de capturas de *H. liturata* por año ha ido en incremento, en el año 2010 se tuvo una captura de 209 adultos, seguido de 632, 348, 610, 564, 955, 1,066 1372 y 159 en los años consecutivos del 2011 al 2018 respectivamente (**Cuadro 16**). Así mismo, la mayor capturas *H. liturata* en vid fueron en las variedades de Cabernet sauvignon, Merlot, Nebbiolo, Red globe, Tempranillo, Valdepena, Chardonnay (**Cuadro 17**).

Cuadro 16. Captura de vectores de la campaña de Enfermedad de Pierce, 2010-2018

Mes	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	X	H	X	H	X	H	X	H	X	H	X	H	X	H	X	H	X	H
Ene			4	35				11	7	55	2	12			1	9		13
Feb				57				15	1	64	6	158	2	85	1	67	2	59
Mar			1	26				41	1	22	5	45		59	3	85	1	21
Abr		5	2	19		12	2	28	1	32		66	4	40	6	26	1	34
May	2	10	3	54		50	1	63		41	1	101	2	130	5	205	8	17
Jun		22		121	4	164	3	141		102	4	280	5	227	3	423		5
Jul		46		132	3	169		141	4	77		60	1	190	2	220		3
Ago		51	2	84	1	94		45	1	50	1	53	3	87	4	128		
Sep	1	43		51	2	83	1	73	3	52	2	83	7	120	1	37		1
Oct	1	16	1	29	4	46	7	43	7	44	9	64	3	68	6	122	1	1
Nov	3	12	3	22	2	28	6	5	7	21	4	27	4	55		49	5	4
Dic	2	4	5	2		2	1	4	2	4	1	6	1	5		1		1
Total	9	209	21	632	16	648	21	610	34	564	35	955	32	1,066	32	1,372	18	159

Fuente: Comunicación personal, Campaña Nacional de Enfermedad de Pierce, SENASICA.

X=*Xyphon fulgidum*, H=*Homalodisca liturata*.

Cuadro 17. Captura de *H. liturata* según variedad de vid, 2010-2018

Variedad	<i>H. liturata</i>									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Barbera	8	27	12	25	23	28	3	8	4	
Cabernet sauvignon	96	328	339	313	308	460	438	567	60	
Chardonnay	1	2	1	2	5	34	61	88	10	
Chenin	16	53	61	32	20	10				
Grenache	3	5	12	5	4	25	11	20		
Malbec	1	7	7	10	10	14	15	25	4	
Merlot	13	45	42	61	57	87	95	111	9	
Mission			4	12	11	19	34	43	7	
Nebbiolo	2	6	4	10	14	59	145	134	7	
Petit sirah		3		5	2	8	38	73	13	
Petit verdot	7	19	11	17	21	12				
R. Globe	17	22	41	24	21	44	40	63	19	
Sauvignon blanc		10	8	17	12	24	3	5		
Tempranillo	7	8	3	6	13	45	69	92	17	
Thompson	3	11	10	4	4	17	17	27	3	
Valdepena	12	30	31	31	22	34	37	46	4	
Varias	17	45	45	26	5	4				
Zinfandel dolcetto	1	8	8	7	7	14	29	25	1	

Fuente: Comunicación personal, Campaña Nacional de Enfermedad de Pierce, SENASICA.

Cuadro 18. Detección de plantas de vid positivas a la Enfermedad de Pierce en Baja California

Año	Mes	Crecimiento de baya	Desarrollo	Fructificación	Cosecha	Post-Cosecha
2010	Oct			2		
2011	Ago			3		
	Sep				1	
	Oct					2
	Nov					2
2012	Ago	1				
2013	Jul	2				
	Ago	3			1	
	Sep				1	
2014	Jul	3				
	Ago				1	
	Sep				6	
	Oct					1
2015	Ago	3	3		1	
	Sep				11	
2017	Sep	1			1	4
2018	Sep	3	2		3	7

Fuente: Comunicación personal, Campaña Nacional de Enfermedad de Pierce, SENASICA.

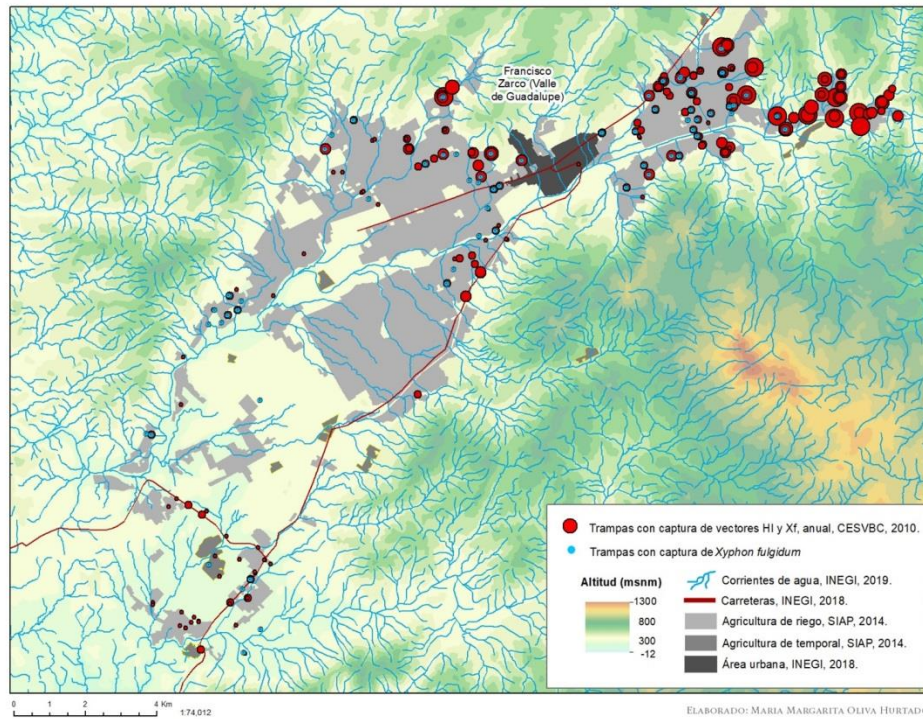


Figura 19. Red de trampeo, CESAVEBC, Baja California 2010-2018. Comunicación personal, Campaña Nacional de Enfermedad de Pierce, SENASICA.

Además de los factores naturales, la acción del hombre es determinante en la dispersión de *X. fastidiosa*, el movimiento de material vegetal infectado es sin duda el mecanismo más eficiente para dispersar el patógeno desde un foco inicial a largas distancias (Vicent, 2017), así también, los insectos vectores de *X. fastidiosa* pueden viajar en las plantas en cualquiera de sus tres estadios; huevo, ninfa o adulto. No obstante, en el caso de *H. vitripennis*, se considera que viaja principalmente en su estadio de huevo. Al no existir transmisión transovárica de *X. fastidiosa*, para desarrollar individuos infecciosos los huevos tendrían que ir adheridos a plantas infectadas, donde las ninfas y los adultos adquirirían posteriormente la bacteria.

Estudios realizados con *H. vitripennis* indican que puede sobrevivir hasta tres semanas sobre una planta de cítricos con temperaturas de 13-24 °C. Temperaturas inferiores a 5 °C o superiores a 30 °C afectan negativamente a su supervivencia (Son *et al.*, 2009). Las condiciones de temperatura ambiente habituales durante el transporte y almacenaje de plantas vivas si permite su supervivencia.

Los insectos vectores infecciosos pueden viajar junto con el material vegetal, pero también tienen capacidad para desplazarse como ‘polizones’ en vehículos y otros medios de transporte (Grandgirard *et al.*, 2006). La zona vitivinícola de Valle de Guadalupe, donde se encuentra presente *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, es parte del circuito turístico de la Ruta del Vino de Baja California, ruta que comunica las zonas vitivinícolas de la región: Valle de Guadalupe, Ensenada, Ojos Negros, Santo Tomás, Tecate y Mexicali, esta actividad económica conlleva una gran movilidad de visitantes entre las zonas vitivinícolas, por lo que la población de insectos vectores presentes en esta área pueden desplazarse como “polizones” a nuevas zonas vitivinícolas del estado, transportados por los vehículos que transitan por esta zona derivado del turismo (**Figura 20 y 21**).

De acuerdo a los datos viales del estado de Baja California, durante el 2018 el Valle de Guadalupe reportó un tránsito diario promedio anual (TDPA) de 5721 automóviles, de los cuales el 81% corresponde a automóviles y el 12% a camiones de dos ejes; la Zona vitivinícola Ojos Negros tiene un TDPA de 2015 automóviles, 73% autos y 16% de dos ejes; la Zona vitivinícola de Santo Tomás TDPA de 5172 automóviles, 73% autos y 15% de dos ejes. El corredor Tecate-El Sauzal por el que se localiza la zona de Valle de Guadalupe reportó una variación de los volúmenes de tránsito diario semanal de 90-87% de lunes a jueves y de 110-120 de sábado a domingo, auge notorio de movilidad el fin de semana. Así mismo, en el corredor Ensenada-Lázaro Cárdenas donde se localiza las zonas vitivinícolas de Ojos Negros tiene una variación de volumen de tránsito de 100-105 de lunes a jueves y de 108-86 de viernes a domingo, un decremento hacia el fin de semana, de igual forma. Con estas cifras, permite conocer el grado de movilidad de la zona y de cómo esta puede ayudar a la dispersión de los vectores a nuevas zonas vitivinícolas por la actividad turística predominante de la zona (**Figura 21**).



Figura 20. Ruta del Vino, Baja California. SECTUR.



Figura 21. Transito diario promedio anual (TDPA), Baja California.

Conclusión de la probabilidad de dispersión

La probabilidad de que la plaga se disperse a nuevas áreas es Alta debido a que:

- La dispersión natural de los vectores presentes en el Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California, es de 90 m por cada 6 horas.
- Además de la dispersión natural de los vectores, las actividades antrópicas como el comercio de material vegetal infectado o infestado y el auge de actividades económicas entorno a la producción vitivinícola como el turismo permite el posible desplazamiento de la bacteria a nuevas áreas con hospedantes disponibles para su establecimiento.
- El potencial de hospedantes silvestres en México y la distribución que que estos tienen, en las áreas cercanas al Valle de Guadalupe favorece en gran medida a que *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* se adapte a alguno de ellos, para sobrevivir.

4.1.3 Evaluación de los efectos económicos

a) Análisis de las consecuencias económicas y sociales

La preocupación para México, y en particular para los productores de vid, naranja, durazno, alfalfa, romero, café, es el impacto potencial que la enfermedad de Pierce pudiera ocasionar en el cultivo de vid y hospedantes susceptibles (*Vitis* spp.). Esto es a razón de los reportes en algunas variedades de vid, cítricos y café que se han detectado afectados por la bacteria *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*. En cultivos de vid en el estado de California, destruyó cerca de 1000 acres (aproximadamente 500 ha), ocasionando pérdidas de 30 millones de dólares (CDFA, 2010). Así como las pérdidas de rendimiento reportados en almendros de California, EUA del 20-40% (Sisterson *et al.*, 2012), 9 % de los árboles infectados murieron en un periodo de ~7 años. Y el incremento del 1 % en la incidencia de la enfermedad en café causó la pérdida de hasta 1,28 bolsas (60 kg) por hectárea en Brasil (Rocha *et al.* 2006).

Alrededor de 36,654 hectáreas de vid con una producción de más de 444,446 toneladas anuales con un valor de producción de 9,138 mil millones de pesos (SIAP, 2019) se encuentran bajo riesgo Sonora, Zacatecas y Baja California, principales estados productores de uva en el país. Baja California primer estado productor de uva industrial y tercero en uva de mesa, con 4,617 hectáreas concentradas en Ensenada donde se encuentra presenta la bacteria, aporta cerca de siete mil empleos directos e indirectos, emplea un poco más de 500 mil jornales y genera una facturación de poco más de 550 millones de pesos anuales.

En 2013 Baja California contó con el 69.44% de las bodegas de vino de todo el país (COPLADE, 2018). En 2015 existían 56 empresas dedicadas a la cosecha de la vid y producción del vino, de las cuales 20 eran microempresas con una producción anual menor a 1,000 cajas, 22 pequeñas empresas que producen anualmente entre 1,001 y 5,000 cajas de vino, así como 11 empresas medianas que contribuyen con entre 5,001 y 50,000 cajas de vino. L.A. Cetto, Santo Tomás y Domecq son las tres empresas vinícolas grandes en el Estado, con una producción anual superior a las 50,000 cajas de vino (COPLADE, 2018).

Aunado a esto, el costo medio de producción por hectárea de uva en etapa de mantenimiento y en modalidad de riesgo representa un gasto para los productores alrededor de 48,403 mil pesos distribuidos en fertilización, sistema de riego, labores culturales, control de plagas (39%), cosecha y poda en producción (ciclo 2009) (OEIDRUS, 2011). Para la elaboración

de 500 litros de vino Premium empleando una tecnología artesanal se tiene un costo de 5436 dolares (OEIDRUS, 2011). Para el 2010 el Valle de Guadalupe representó el 47% de la superficie plantada de vid en el municipio de Ensenada, el 53% restante se distribuye entre las demás zonas productoras vitivinícolas: San Vicente (34%), Santo Tomas (7%), Ejido Uruapan (3%), San Antonio de las Minas (3%), Ojos Negros (2%), el resto (4%).

La información disponible hasta el momento respecto al impacto real en el cultivo de vid y otros es escasa, pues el agente causal está muy localizado a nivel internacional, y muchas de las investigaciones realizadas en los sitios donde se encuentra presente no cuentan con resultados concretos. De esta forma el riesgo se incrementa de forma considerable, por lo tanto el riesgo se considera alto.

b) Análisis de las consecuencias comerciales

X. fastidiosa está regulada a nivel especie en la Unión Europea como organismo nocivo, y de la que se prohíbe su introducción y propagación (Anexo I, Parte A, Sección I y II, de la Directiva 2000/29/CE).

Por otro lado, la importación de las plantas de cítricos y vid, principales hospedantes de *X. fastidiosa*, está prohibida (Anexo III, Directiva 2000/29/CE). Asimismo, también está prohibida la importación de plantas de *Prunus* spp. originarias de países no europeos, con la excepción de material en reposo (sin hojas, flores ni frutos) procedente de países mediterráneos, Australia, Nueva Zelanda, Canadá y los estados continentales de EEUU.

Para la importación del resto de vegetales destinados a plantación de especies hospedantes de *X. fastidiosa*, no hay requisitos específicos para esta plaga contemplados en la Directiva 2000/29/CE, aunque están obligados a ser sometidos, al menos, a un control fitosanitario en el país de origen previo a la exportación (necesario para la emisión del Certificado Fitosanitario), y a un control fitosanitario en frontera previo a su introducción en la UE.

La Decisión de Ejecución (UE) 2015/789 establece requisitos específicos para la importación de vegetales especificados de *X. fastidiosa*, diferenciando entre la importación procedente de terceros países en los que el organismo nocivo no está presente (artículo 16) o de terceros países en los que está establecida la presencia (artículo 17). La importación de vegetales

para la plantación, excepto semillas de *Coffea* originarios de Costa Rica o de Honduras (artículo 15) está prohibida.

Además, la bacteria *X. fastidiosa* está incluida en la lista A2 de la EPPO, donde están incluidas las plagas cuarentenarias de las que se recomienda su regulación, y es cuarentenada en muchos países (Turquía, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Israel, etc) y otras organizaciones regionales de protección fitosanitaria: COSAVE (Comité de Sanidad Vegetal), NAPPO (North American Plant Protection Organization), IAPSC (Inter African Phytosanitary Council). Algunos de los insectos vectores transmisores de la bacteria: *Carneocephala fulgida*, *Draeculacephala minerva*, *Graphocephala atropunctata* y *Homalodisca coagulata* están incluidos en la lista A1 de la EPPO. Por lo tanto el riesgo es alto.

4.2. Etapa III: Medidas de Mitigación

La última etapa del Análisis de Riesgo de Plagas es el establecimiento de las medidas de mitigación de riesgos, estas se proponen en función de los reportes técnicos científicos, contando aspectos de relevancia como son el tipo de medida a aplicar y hasta cierto punto la viabilidad de dichas medidas en el contexto fitosanitario del país.

Acciones propuestas para el manejo del riesgo, pueden ser recomendadas para un nivel estratégico:

a) Dispersión

- Desarrollo de planes de vigilancia específicos para la detección oportuna de entrada de plagas en nuevas zonas. Esto implica la colocación de trampas en puntos específicos de movilidad antrópica, principales rutas turísticas, a orillas de carreteras, en zonas con malezas u arroyos, o cultivos de alfalfa o pastos que se encuentran a orillas de vialidades principales.
- Colocación de trampas a una altura menor de los 4.5 metros en las orillas de las plantaciones.
- Evitar plantaciones de cultivos hospedantes cercanos a las zonas cultivadas de vid.
- Poda regular del cultivo (desinfestación del equipo de poda) y la eliminación de malezas 400 metros a la redonda del viñedo.
- Poda severa en verano y otoño del cultivo sin síntomas. Eliminación de plantas enfermas durante la temporada de dormancia.

- Aplicación de control químico preventivo: insecticidas de contacto y sistémicos; en la temporada de picos poblacionales de los vectores (abril a octubre).
- Restricción de entrada de vehículos foráneos a las zonas con presencia de la bacteria y sus vectores, optar por un sistema de movilidad local para restringir la dispersión de vectores via polizones en los automóviles.
- Uso de material propagativo certificado libre de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, provenientes de viveros certificados y plantas de crecimiento de criba o invernadero tratadas con agua caliente libres de infestación de insectos vectores.

b) Establecimiento

- Utilización de variedades resistentes a *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* como ‘*Petit Sirah*’, ‘*Chenin blanc*’, y ‘*Sylvaner*’ de California, EUA.
- Aplicación de agentes de control biológico como fagos pertenecientes a las familias Shipoviridae (fagos Sano y Salvo) y a la familia Podoviridae (fagos Prado y Paz).
- Uso de bacterias benéficas como aislamientos de PsJN de *Parabulkoherderia phytofirmans*.

5. DISCUSIÓN

Xylella fastidiosa subsp. *fastidiosa* se encontró asociada con varias especies de plantas cultivadas y silvestres en los 32 estados del territorio de México. Así mismo, esta bacteria se encontró relacionada con una especie del género *Homalodisca* capturada en la Campaña de Enfermedad de Pierce en el estado de Baja California. La distribución de sitios con presencia de plantas silvestres hospedantes de *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* evidenció las zonas con las condiciones necesarias para la supervivencia de la bacteria fuera de las zonas en las que se encuentra presente, sugiere que si no se realiza un buen control poblacional de los insectos vectores, estos pueden encontrar nichos de reproducción para ellos y la bacteria, de especial importancia es el control de las especies *Sorghum halepense*, *Ipomoea purpurea*, *Cyperus esculentus* y *Echinochloa crus-galli* que están ampliamente distribuidas en el país.

La distribución de estas especies indica que los viñedos, del Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California, están rodeados por fuentes vegetales permanentes de inóculo a partir

de las cuales los insectos vectores pueden adquirir a *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* para eventualmente transmitirla a las plantas de vid durante su alimentación.

Purcell (1999) indica que la dispersión de *X. fastidiosa* en California, Estados Unidos, generalmente se da desde fuentes externas hacía el interior de los viñedos, debido a que los hábitats circundantes albergan especies de malezas que sirven como fuente de alimento a los insectos vectores. En este estudio, la estacionalidad de las fluctuaciones poblacionales de *H. liturata* y *X. fulgidum* nos indicaron que las especies de plantas silvestres que rodean a los viñedos han fungido como fuentes de inóculo y de refugio para estos insectos, lo que sugiere que la presencia de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en el Valle de Guadalupe puede deberse a la localización del valle, pues está rodeado de escurrimientos de agua y ríos que propician un hábitat idóneo para el desarrollo de las poblaciones de estos vectores, lo que hace difícil la eliminación de malezas y especies silvestres, pues al tener irrigación constante su crecimiento es mayor, lo que sugiere incrementar el control cultural de malezas en temporada de lluvias y de sequía, así como aplicación de control químico preventivo: insecticidas de contacto y sistémicos para el control de vectores.

México obtiene la mayor parte del material propagativo de *V. vinífera* de Estados Unidos, país que reporta desde 1880 la presencia de *X. fastidiosa* (Nunney *et al.*, 2010) y con quien se tiene el mayor movimiento o intercambio de este material. Sicard *et al.*, (2018) mencionan que el movimiento de material propagativo mediado por personas es uno de los principales factores antropogénicos responsable de la introducción de *X. fastidiosa* en áreas libres de la bacteria y de su aparición en nuevas especies de plantas hospedantes, por lo que es necesario reforzar las medidas de revisión en los puntos de entrada, además de solicitar certificados libres de la presencia de la bacteria.

Es necesario realizar estudios a nivel local sobre las especies silvestres presentes en la zona de Valle de Guadalupe, para catalogar que especies fungan como reservorios de la bacteria y cuáles de estas tienen asociación de hospedante de los vectores, para poder definir el papel de estas plantas en la epidemiología de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en la zona.

Purcell (1999) indica que las cepas de *X. fastidiosa* que ocasionan la Enfermedad de Pierce en *V. vinífera* pueden también infectar a otras especies de plantas pero sin causar enfermedad. De acuerdo a este autor, esto se debe a que en las plantas asintomáticas las poblaciones de la bacteria son pequeñas (declinan con el tiempo), tienen reducida capacidad para

multiplicarse y de moverse sistémicamente en comparación con las de plantas sintomáticas como la vid. Similarmente, Sicard *et al.*, (2018) indican que en condiciones naturales la mayoría de las especies asintomáticas actúan solo como reservorio de *X. fastidiosa* contribuyendo al mantenimiento y dispersión de la bacteria en una región determinada.

Por otra parte, los modelos utilizados en esta investigación revelaron que las zonas vitivinícolas cercanas al Valle de Guadalupe; San Vicente, Santo Tomas, Ejido Uruapan, San Antonio de las Minas, Ojos Negros y las ubicadas en Mexicali cuentan con las condiciones climatológicas necesarias para la supervivencia y reproducción de la bacteria, debido a que se encuentran en las zonas con temperaturas por arriba de los 5°C en invierno y menos de los 35°C, temperaturas optimas para el desarrollo y establecimiento de la bacteria en el cultivo de vid y supervivencia en el insecto vector, por lo tanto permite inferir que si se suman las actividades antrópicas y el aumento poblacional de los insectos vectores estas zonas están bajo un riesgo alto de dispersión y establecimiento de la bacteria y causar severos daños a la producción y a las actividades económicas asociadas. La utilización de estos modelos geoespaciales fitosanitarios, tanto el de similitud climática MaxEnt como el de condiciones temperaturas nos permiten conocer las posibles zonas de riesgo de establecimiento y dispersión de la bacteria, permitiendo realizar acciones preventivas de mitigar enfocadas a la eliminación del riesgo, son una herramienta muy valiosa para la evaluación, delimitación y comparación de condiciones que nos pone en perspectiva la epidemiología de una enfermedad fitopatogena.

En general los resultados obtenidos en este estudio indican que *X. fastidiosa* se encuentra establecida en Valle de Guadalupe y que la fluctuación poblacional de los vectores es estacional, asociada a las temperaturas y precipitación predominante y al sistema de riego del cultivo de vid lo que provoca esta estacionalidad cíclica. Además de la presencia de especies silvestres pudieran ser la principal fuente de inóculo a partir de las cuales los insectos dispersan a la bacteria a otras especies de plantas silvestres de la región. Resultados que evidencian la necesidad de llevar a cabo estudios epidemiológicos para definir si los vectores presentes en el área se alimentan de las plantas silvestres hospedantes o reservorios de la bacteria en los diferentes ciclos agrícolas en la zona.

6. CONCLUSIONES

Este estudio permitió realizar la evaluación de la enfermedad de Pierce causada por *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, de acuerdo a lo establecido en la NIMF 11, y poder definir el nivel de riesgo fitosanitario que representa para los principales estados productores de vid en México.

Derivado de lo anterior se concluye lo siguiente:

- 1) El agente causal de la enfermedad de Pierce *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* cumple con la definición de plaga cuarentenaria, es una plaga que en México se encuentra **Presente: bajo control oficial.**
- 2) En cuanto al nivel de riesgo de introducción y establecimiento de la enfermedad de Pierce *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* a nuevas áreas en México, basado en la información documentada disponible, se determinó que el nivel de riesgo es alto, ya que se mantienen relaciones comerciales con países con presencia de la bacteria y por consiguiente con el vector principal; para su establecimiento a nuevas áreas mantiene el nivel alto, ya que en México se tiene documentadas una distribución amplia de hospedantes potenciales tanto agrícolas, forestales y silvestres.
- 3) En cuanto a las áreas de riesgo identificadas, se determinó que el 65-70% del territorio nacional tiene las condiciones óptimas para el desarrollo de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* y los estados Sonora, Baja California Sur, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Michoacán, Campeche y Yucatán presentan temperaturas superiores al umbral máximo de desarrollo de la bacteria, entre 35°C y 43°C que limitan su supervivencia. Al igual que Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato, Estado de México, Tlaxcala y Puebla presentan temperaturas por debajo de las óptimas mínimas que van de 5°C a -6°C que limitan la supervivencia de la bacteria.
- 4) En las zonas que presentan temperaturas no idóneas para el desarrollo de la bacteria se deben de considerar aspectos como el de los hospedantes disponibles, los vectores que se localizan en estas zonas y el comportamiento que *X. fastidiosa* presenta en temperaturas mínimas en las cuales esta puede albergarse en partes de la planta donde está más protegida, como las raíces y troncos leñosos, para esto sería necesario que los vectores

presentes en esta área cuenten con aparatos bucales muy desarrollados como los de *Homalodisca vitripennis* que con esta característica puede inocular la bacteria en partes leñosas de la planta, logrando así que esta se reproduzca y desarrolle en invierno, permitiendo su supervivencia para el próximo ciclo productivo de la vid, que conforme incrementa la temperatura la concentración de la bacteria se incrementa, y comienza a moverse de forma acropétala hacia las partes más distantes de la planta.

Por lo tanto se determinó que *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* es una plaga cuarentenaria para el cultivo de vid, naranja, durazno, alfalfa, café y romero en México; y cuyo nivel de riesgo es alto. Y se recomienda que se actualicen las medidas de control químico, cultural y biológico de la enfermedad y sus vectores en la Campaña Nacional contra la enfermedad de Pierce a nivel nacional.

7. LITERATURA CITADA

- Aguero, C. B., S. L. Uratsu, C. Greve, A. L. Powell, T. Labavitch, J. M. Meredith, C. P. y A. M. Dandekar, 2005. Evaluation of tolerance to Pierce's disease and Botrytis in transgenic plants of *Vitis vinifera* L. expressing the pear PGIP gene. *Molecular Plant Pathology* (6) 43-51 pp.
- Aguilar, E., L. Moreira, L C. Rivera, 2008. Confirmation of *Xylella fastidiosa* infecting grapes (*Vitis vinifera*) in Costa Rica. *Tropical Plant Pathology* 33(6):444-448. <http://www.scielo.br/pdf/tpp/v33n6/v33n6a07.pdf>. Consultado el 13 de junio de 2018.
- Almeida, P. P. R. 2016. *Xylella fastidiosa* vector transmission biology. En Brown, J. K., ed.: *Vector-Mediated Transmission of Plant Pathogens*. Minnesota, St. Paul, APS Press; pp. 165–174.
- Almeida, P. P. R. and L. Nunney. 2015. How do plant Diseases caused by *Xylella fastidiosa* emerge?. *Plant Disease*, Noviembre 99(11):1457-1467. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-02-15-0159-FE> Consultado el 18 de junio de 2017.
- Almeida, R.P.P., C. Wistrom, B. L. Hill, J. Hashim, and A. H. Purcell. 2005. Vector transmission of *Xylella fastidiosa* to dormant grape. *Plant Disease* 89: 419-424. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PD-89-0419> Consultado el 13 de julio de 2018.
- Almeida, R.P.P., and Purcell A. H. 2003. Transmission of *Xylella fastidiosa* to grapevines by *Homalodisca coagulata* (Hemiptera: Cicadellidae). *Journal Economy Entomology* 96:

264-271

<https://academic.oup.com/jee/articleabstract/96/2/264/2217700?redirectedFrom=fulltext>

Consultado el 13 de agosto de 2018.

- Appel D. 2010. Pierce's Disease Overview & Management Guide. A Resource for Grape Growers in Texas and other Eastern U. S. Growing Regions. Texas A&M Agri Life. <http://winegrapes.tamu.edu/grow/pierce.html>. Consultado el 29 de enero de 2018.
- Backus, E. A. and Morgan, D. J. 2011. Spatiotemporal Colonization of *Xylella fastidiosa* in its Vector Supports the Role of Egestion in the Inoculation Mechanism of Foregut-Borne Plant Pathogens. *Phytopathology* Vol. 101, No. 8. pp. 913-922.
- Baldi, P., and N. La Porta, 2017. *Xylella fastidiosa*: Host Range and Advance in Molecular Identification Techniques. *Front. Plant Sci.* 8:944. doi: 10.3389/fpls.2017.00944.
- Baumgartner, K., J. G. Warren, 2005. Persistence of *Xylella fastidiosa* in Riparian Hosts Near Northern California Vineyards. *Plant Dis.* 89:1097-1102. doi: 10.1094/PD-89-1097.
- Berkeley, 2018. Red-headed Sharpshooter. <https://nature.berkeley.edu/xylella/biology/insect-vectors/red-headed-sharpshooter/> Consultado el 10 de enero de 2019.
- Blackmer, J. L, J. R. Hagler, G. S. Simmons, L. A. Cañas. 2004. Comparative Dispersal of *Homalodisca coagulata* and *Homalodisca liturata* (Homoptera: Cicadellidae). *Environmental Entomology*, 33: 88–99, <https://doi.org/10.1603/0046-225X-33.1.88>
- Blanco R., E. 2014. Cicadélidos (Hemiptera: Cicadellidae) asociados a cítricos en la Península de Yucatán. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 6p.
- CAPUFE, 2019. Caminos y Puentes Federales. Consulta de Aforo CAPUFE. En línea: <http://www.capufe.gob.mx/aforo/>
- Caserta R., M. A. Takita, M. L. Targon, L. K. Rosselli-Murai, A. P. de Souza, L. Peroni, D. R. Stach-Machado, A. Andrade, C. A. Labate, E. W. Kitajima, M. A. Machado, A. A. de Souza, 2010. Expression of *Xylella fastidiosa* Fimbrial and Afimbrial Proteins during Biofilm Formation. *Applied and Environmental Microbiology* 76 (13) 4250-4259; DOI: 10.1128/AEM.02114-09
- CDFA. 2016. Glassy-Winged Sharpshooter Nursery Shipping Protocol. California Department of Food and Agriculture (CDFA). <https://www.cdfa.ca.gov/pdcp/Documents/NurseryShipProtocols.pdf>. Consultado el 25 de enero de 2018.
- CDFA. 2010. California Department of Food and Agriculture Glassy-winged Sharpshooter and Pierce's Disease in California. https://www.cdfa.ca.gov/pdcp/Pierce's_Disease.html Consultado el 25 de enero de 2018.
- CESAVEBC, 2015. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California. Campaña contra la Enfermedad de Pierce. Informe de actividades correspondientes al mes de diciembre.

- <http://www.cesavebc.com/CAMPANAS/INFORMES%20MENSUALES/PIERCE/PIERCE-DIC2015.pdf> Consultado el 23 de enero de 2018.
- Chang, C. J., and T. J. Walker, 1988. Bacterial leaf scorch of northern red oak: Isolation, cultivation, and pathogenicity of xylem-limited bacterium Plant Dis.72730733. doi: 10.1094/PD-72- 0730.
- Chatterjee S., R. P. Almeida, y S. Lindow 2008. Living in two worlds: the plant and insect lifestyles of *Xylella fastidiosa*. Annual Review Phytopathology (46): 243-271. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18422428> Consultado el 24 de enero de 2018.
- CIPF. 2015. Lista de Plagas Reglamentadas México 2015. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF). <https://www.ippc.int/en/countries/mexico/reportingobligation/3> Consultado el 24 de febrero de 2018.
- CIPF. 2011. Lista de Plagas Reglamentadas México 2011. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF). <https://www.ippc.int/es/countries/mexico/reportingobligation/2012/12/lista-de-plagas-reglamentadas-de-mexico-2011/> Consultado el 13 de enero de 2018.
- Coletta-Filho, H. D., C. S. FRANCISCO, J. R. S. LOPES, A. F. De Oliveira, and L. F. Da Silva. 2016. First report of olive leaf scorch in Brazil, associated with *Xylella fastidiosa* subsp. Pauca. Phytopathologia Mediterranea (55)1:130-135. https://www.jstor.org/stable/43871861?seq=1#metadata_info_tab_contents
- Consejo Mexicano Vitivinícola, 2010. Uva y vino. En línea: <https://uvayvino.org.mx/> Consultado el 13 de enero de 2018.
- Costello, M. J., S. J. Steinmaus, and C. J. Boisseranc. 2017. Environmental variables influencing the incidence of Pierce's disease. Australian Society of Viticulture and Oenology. doi: 10.1111/ajgw.12262.
- Daugherty, M. P., S. O'Neill, F. Byrne, and A. Zeilinger. 2015. Is vector control sufficient to limit pathogen spread in vineyards? Environ. Entomol. 44: 789–797. doi: 10.1093/ee/nvv046
- Davis, M. J., A. H. Purcell, and S. V. Thomson. 1980. Isolation medium for the Pierce's disease bacterium. Phytopathology (70):734-739.
- Díaz-Ortiz, E. 2003. Vectores de la enfermedad de Pierce. I Seminario Internacional de Vitivinicultura. Septiembre 2003. Ensenada Baja California, México. 24-32 pp. <http://www.isa.utl.pt/riav/Pdf/Memoria%20del%20Seminario%202003.2.pdf>. Consultado el 02 de abril de 2018.
- DOF. 2015. AVISO por el que se dan a conocer las zonas bajo control fitosanitario, por presencia de la Enfermedad de Pierce *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, a la zona vitícola del Valle de Guadalupe, Baja California; Parras de la Fuente, Coahuila de Zaragoza, y Ezequiel Montes, Querétaro. Diario Oficial de la Federación. 1 p.

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5382978&fecha=23/02/2015
consultado el 16 de marzo de 2018.

- DOF. 2014. ACUERDO por el que se establecen las medidas fitosanitarias para el control y mitigación de la dispersión de la enfermedad de Pierce *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* y sus vectores. Diario Oficial de la Federación. 3p. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5350908&fecha=02/07/2014 consultado el 26 de enero de 2018.
- DOF. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-081-FITO-2001, Manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos. Diario Oficial de la Federación. 8 p. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=720889&fecha=18/09/2002 consultado el 26 de enero de 2018.
- Dominguez-Cadena, R. y M. Dominguez-León. 2009. Hospederos de *Homalodisca liturata* (Homoptera: Cicadellidae), en Baja California Sur, Mexico; una chicharrita transmisora de patógenos.
- EFSA (European Food Safety Authority), 2019a. European Food Safety Authority (EFSA). Pest survey card on *Xylella fastidiosa*. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2019.EN-1667> <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/sp.efsa.2019.EN-1667> Consultado el 02 de noviembre de 2019.
- EFSA (European Food Safety Authority), 2019b. European Food Safety Authority (EFSA). Interceptions of harmful organisms in commodities imported into the EU Member States and Switzerland. https://ec.europa.eu/food/plant/plant_health_biosecurity/europhyt/interceptions_en# Consultado el 02 de noviembre de 2019.
- EFSA (European Food Safety Authority), 2018a. Scientific report on the update of the *Xylella* spp. host plant database. EFSA Journal 16(9):5408 87 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5408>. Consultado el 02 de abril de 2019.
- EFSA (European Food Safety Authority), 2018b. Updated pest categorisation of *Xylella fastidiosa*. EFSA Journal 16(7): 5357. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2018.5357> Consultado el 02 de abril de 2019.
- EFSA (European Food Safety Authority), 2018c. European Food Safety Authority (EFSA). Interceptions of harmful organisms in commodities imported into the EU Member States and Switzerland https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/ph_biosec_europhyt_interceptions-2018_summary.pdf Consultado el 02 de abril de 2019.
- EFSA (European Food Safety Authority), 2016. Scientific report on the update of a database of host plants of *Xylella fastidiosa*: 20 November 2015. EFSA Journal 2016;14(2):4378, 40 pp. doi:10.2903/j.efsa.2016.4378

- EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health). 2015. Scientific Opinion on the risks to plant health posed by *Xylella fastidiosa* in the EU territory, with the identification and evaluation of risk reduction options. EFSA Journal, 13(1):3989, 262 pp., doi:10.2903/j.efsa.2015.3989. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2015.3989/epdf> Consultado el 22 de agosto de 2017.
- Elbeaino, T. Valentini, F., Abou Kubaa, R. Moubarak, P. Yaseen, T. and Digiario, M. 2014. Multilocus sequence typing of *Xylella fastidiosa* isolated from olive affected by “olive quick decline syndrome” in Italy. Phytopathologia Mediterranea, 53(3), 533–542.
- EPPO, 2019. *Xyphon fulgidum*. <https://gd.eppo.int/taxon/CARNFU/hosts> Consultado el 26 de enero de 2019.
- EPPO, 2014. First report of *Xylella fastidiosa* in the EPPO region. Special Alert. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). https://www.eppo.int/QUARANTINE/special_topics/Xylella_fastidiosa/Xylella_fastidiosa.htm Consultado el 26 de enero de 2018.
- ESRI. 2012. Introducing ArcGIS 10.1. En línea: <https://www.esri.com/news/arcnews/spring12articles/introducing-arcgis-101.html>
- European Commission. 2017. Commission Implementing Decision (EU) 2015/789 of 18 May 2015 as regards measures to prevent the introduction into and the spread within the Union of *Xylella fastidiosa* (Wells et al.) (notified under document C(2015) 3415). <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02015D0789-20160514> Consultado el 09 de marzo de 2017.
- Feil, H., and A. H. Purcell, 2001. Temperature-dependent growth and survival of *Xylella fastidiosa* in vitro and in potted grapevines. Plant Dis. 85:1230-1234. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.2001.85.12.1230>
- Francis, M. H., J. Lin, D. Cabrera-La Rosa, E. L. Civerolo. 2006. Genome-based PCR primers for specific and sensitive detection and quantification of *Xylella fastidiosa*. European Journal of Plant Pathology 115: 203-213. doi: 10.1007/s10658-006-9009-4.
- GBIF, 2019. *Xylella fastidiosa*. <https://www.gbif.org/species/3222355>
- Goheen, A. C., B. C. Raju, S. K. Lowe, G. Nyland. 1978. Pierce disease of grape vines in Central America. Plant Disease Reporter 63:788-792. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19791359804>. Consultado el 05 de junio de 2019.
- Goodwin P. y A. H. Purcell 1992. Pierce's disease. In: Grape Pest Management, 2nd. Edition. Oakland, USA: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, pp. 76-84.

- Gould, A. B. and Lashomb, J. H. 2007. Bacterial leaf scorch (BLS) of shade trees. Plant Disease Lessons. APSnet. En línea http://www.apsnet.org/education/Lessons_plantpath/BLS/. Fecha de consulta: 26 de marzo del 2018.
- Gould A. B. y J. H. Lashomb, 2005. Bacterial Leaf Scorch of Shade Trees. APSnet. <https://www.apsnet.org/edcenter/apsnetfeatures/Pages/BacterialLeafScorch.aspx>
- Haelterman, R. M., P. A. Tolocka, M. E. Roca, F. A. Guzmán, F. D. Fernandez, and M. L. Otero. 2015. First Presumptive Diagnosis of *Xylella fastidiosa* Causing Olive Scorch in Argentina. Journal of Plant Pathology, 97(2), 393–393.
- Harper, S. J., L. I. Ward, G. R. Clover, 2010. Development of LAMP and real-time PCR methods for the rapid detection of *Xylella fastidiosa* for quarantine and field applications. Phytopathology 100: 1282-1288. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-10-0168>. Consultado el 12 de noviembre de 2018.
- Vibrans, H. 2012. Malezas de México. CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>
- Vibrans, H. 2009. Malezas de México. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/apocynaceae/catharanthus-roseus/fichas/ficha.htm> Consultado el 07 de marzo de 2019.
- Hill, B. L. and A. H. Purcell, 1995. Acquisition and retention of *Xylella fastidiosa* by an efficient vector, *Graphocephala atropunctata*. Phytopathology 85(2): 209-212.
- Hopkins, D. L., H. H. Mollenhauer, 1973. Rickettsia-like bacterium associated with Pierce's disease of grapes. Science (179):298-300. doi: 10.1126/science.179.4070.298.
- Hopkins, D. L., A. H. Purcell, 2002. *Xylella fastidiosa*: Cause of Pierce's Disease of Grapevine and Other Emergent Diseases. Plant Disease (86)10. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.2002.86.10.1056>. Consultado el 29 de enero de 2019.
- INIFAP, 2005. II Seminario Internacional de Vitivinicultura. Ensenada, B. C. 3 y 4 de agosto de 2005. SAGARPA. <http://www.isa.utl.pt/riav/Pdf/2005/Memoria%20del%20Seminario%202005%20-%20Ensenada%20-%20agosto%202005.pdf#page=65>
- Instituto de Biología (IBUNAM). 2019. Plantas Vasculares. En Portal de Datos Abiertos UNAM, México. <http://datosabiertos.unam.mx/biodiversidad/>
- Iowa State University, Department of Entomology. 2019. *Homalodisca liturata*. <https://bugguide.net/node/view/68300>
- IPPC, 2019. Adopted Standards (ISPMs). ISPM 5. Glossary of phytosanitary terms (as adopted by CPM-14). <https://www.ippc.int/en/publications/622/>

- IPPC. 2017. List pest regulated. International Plant Protection Convention (IPPC). Base de datos. <https://www.ippc.int/en/countries/all/regulatedpests/> Consultado el 16 de marzo de 2017.
- IPPC. 2015. International Standards for Phytosanitary Measures (ISPM) 5 Glossary of Phytosanitary Terms. International Plant Protection Convention (IPPC). <https://www.ippc.int/en/core-activities/standards-setting/ispms/#612> Consultado el 13 de enero de 2018.
- IPPC. 2011. International Standards for Phytosanitary Measures (ISPM) 8 Determination of pest status in an area. International Plant Protection Convention (IPPC). <https://www.ippc.int/en/core-activities/standards-setting/ispms/#612> Consultado el 13 de enero de 2018.
- Janse, J. D. and A. Obradovic, 2010. *Xylella fastidiosa*: Its biology, diagnosis, control and risks. *Journal of Plant Pathology*, 92(1): S1.35-S1.48. <https://www.jstor.org/stable/41998754>
- Júarez-Jaimes, V., L. Alvarado-Cárdenas and J.L. Villaseñor. 2008. Apocináceas y Asclepiadáceas (Dicotiledóneas). Catálogo taxonómico de especies de México. Capital natural de México, Conocimiento actual de la biodiversidad. En: S. Ocegueda y J. Llorente-Bousquets (coords.). vol. I: CD1. CONABIO. México.
- Kamas, J. 2010. Pierce's Disease Overview & Management Guide. A Resource for Grape Growers in Texas and other Eastern U. S. Growing Regions. Texas A&M *Agri Life*. <http://winegrapes.tamu.edu/grow/pierce.html>. Consultado el 11 de noviembre de 2018.
- Koh, M., and J. H. Toney. 2005. Inhibition of *Xylella fastidiosa* biofilm formation via metal chelators, in *Proceedings of Pierce's Disease Research Symposium*, 279.
- Kyrkou I., T. Pusa, L. Ellegaard-Jense, M. Sagot, L. Hansen. 2018. Pierce's Disease of Grapevines: A Review of control strategies and out line of an epidemiological model. doi: 10.3389/fmicb.2018.02141.
- Landa, B., J. A. Navas, M. Montes 2017. Enfermedades causadas por la bacteria *Xylella fastidiosa* Capítulo 2. Características generales de *Xylella fastidiosa*. Monografías 32. Cajamar caja Rural. pp: 47-59. <https://www.publicacionescajamar.es/pdf/series-tematicas/informes-coyuntura-monografias/enfermedades-causadas-por-la-bacteria.pdf>. Consultado el 12 de noviembre de 2018.
- Legendre. B. S., S. Mississippi, V. Oliver, E. Morel, D. Cruzillat, K. Durand, P. Portier, M. A Jacques. 2014. Identification and characterization of *Xylella fastidiosa* isolated from Coffee plants in France. *Proceedings of the International Symposium on the European outbreak of 'Xylella fastidiosa' in olive* 21-24 de octubre 2014. Italia, Gallipoli-Locorotondo; pp. 27-28.
- López, M. M., B. Landa, E. Marco-Noales, 2017. Enfermedades causadas por la bacteria *Xylella fastidiosa*. Capítulo 5 Métodos de inspección, diagnóstico y detección. Monografías 32. Cajamar caja Rural. pp: 98-116. <https://www.publicacionescajamar.es/pdf/series-tematicas/informes-coyuntura->

- monografias/enfermedades-causadas-por-la-bacteria.pdf. Consultado el 12 de noviembre de 2018.
- Marco-Noales, E., B. Landa, M. M. López, 2017. Enfermedades causadas por la bacteria *Xylella fastidiosa*. Capítulo 1. Monografías 32. Cajamar caja Rural. pp:19-45. <https://www.publicacionescajamar.es/pdf/seriestematicas/informes-coyuntura-monografias/enfermedades-causadas-por-la-bacteria.pdf>. Consultado el 12 de noviembre de 2018.
- Meyer, M. M., and B. C. Kirkpatrick, 2011. Exogenous applications of abscisic acid increase curing of Pierce's disease-affected grapevines growing in pots. *Plant Dis.* 95, 173–177. doi: 10.1094/pdis-06-10-0446
- Morente, M., A. Fereres. 2017. Enfermedades causadas por la bacteria *Xylella fastidiosa*. Capítulo 4 Vectores de *Xylella fastidiosa*. Monografías 32. Cajamar caja Rural. pp:73-93. <https://www.publicacionescajamar.es/pdf/series-tematicas/informes-coyuntura-monografias/enfermedades-causadas-por-la-bacteria.pdf>. Consultado el 12 de noviembre de 2018.
- Morgan D. J. W., C. H. Pickett, y L. G. Bezark. 2001. Biological control of the glassy-winged sharpshooter. Biological Control Program. California, Sacramento, CA, Department of Food and Agriculture.
- NAPPO, 2009. NRMF 35 Directrices para la movilización de árboles de frutas de hueso y pomáceas y vides hacia un país miembro de la NAPPO. North American plan Protection Organization (NAPPO). <http://nappo.org/files/1214/5091/2982/RSPM35-19-10-09-s.pdf> Consultado el 26 de enero de 2018.
- Navas, J. A., M. Montes, B. Landa. 2017. Epidemiología. Enfermedades causadas por la bacteria *Xylella fastidiosa*. Capítulo 3. Monografías 32. Cajamar caja Rural. 61-72 pp. <http://atrias.chil.me/download-doc/169850>
- Nunney, L., B. Ortiz, S. A. Russell, R. Ruiz-Sanchez, R. Stouthamer, 2014a. The complex Biogeography of the Plant Pathogen *Xylella fastidiosa*: Genetic Evidence of Introductions and Subspecific Introgression in Central America. *PLoS ONE* 9(11): e112463. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112463>.
- Nunney, L., E. L. Schuenzel, M. Sacally, R. E. Bromley, R. Stouthamer. 2014b. Large-scale intersubspecific recombination in the plant pathogenic bacterium *Xylella fastidiosa* is associated with the host shift to mulberry. *Appl. Environ. Microbiol.* (80); pp. 3025-33. doi: 10.1128/AEM.04112-13.
- Nunney, L., D. B. Vickerman, R. E. Bromley, S. A. Russell, J. R. Hartman, L. D. Morano, R. Stouthamer. 2013. Recent evolutionary radiation and host plant specialization in the *Xylella fastidiosa* subspecies native to the United States. *Applied Environmental Microbiology*, 79: 2189–2200. doi: 10.1128/AEM.03208-12.

- Nunney, L., X. Yuan, R. E. Bromley, and R. Stouthamer 2012. Detecting Genetic Introgression: High Levels of Intersubspecific Recombination Found in *Xylella fastidiosa* in Brazil. *Applied and Environmental Microbiology* July 2012 (78)13:4702– 4714. <https://aem.asm.org/content/aem/78/13/4702.full.pdf>
- Nunney, L., X. Yuan, R. Bromley, J. Hartung, M. Montero-Astúa, L. Moreira, B. Ortiz, R. Stouthamer, 2010. Population genomic analysis of a bacterial plant pathogen: Novel insight into the origin of Pierce's disease of grapevine in the U.S. *PLoS ONE*, 5(11):e15488. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015488>.
- Peterson, A. T. and K. P. Cohoon. 1999. Sensitivity of distributional prediction algorithms to geographic data completeness. *Ecological Modelling*, 117(1): 159-164.
- Philips, S. J. R. P. Anderson, and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231-259 pp.
- Philips, S. J., Dudik, M. and Schapire, R. E., 2004. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. *Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning*: 83 pp. ACM.
- Postnikova, E., C. Baldwin, C. A. Whitehouse, A. Sechler, N. W. Schaad, R. Sampath, V. Harpin, R. Melton, L. Blyn, J. Drader, S. Holfstadler. W. L. Shneider, 2008. Identification of bacterial plant pathogens using multilocus polymerase chain reaction/electrospray ionization-mass spectrometry. *Phytopathology*, 98 (11): 1156-1164. doi:10.1094/PHYTO-98-11-1156.
- Purcell, A. H., S. R. Saunders. 1999. Fate of Pierce's Disease Strains of *Xylella fastidiosa* in Common Riparian Plants in California. *The American Phytopathological Society* 83:825-830, <https://doi.org/10.1094/PDIS.1999.83.9.825>.
- Purcell, A. H., A. H. Finlay y D. L. McLean. 1979. Pierce's disease bacterium: mechanism of transmission by leafhopper vectors. *Science* (206) 839-841 pp.
- Purcell, A. H. 1974. Spatial patterns of Pierce's disease in the Napa Valley. *American Journal of Entomology and Viticulture* (25) 162-167 pp. <https://www.ajevonline.org/content/25/3/162>
- Raju, B. C., A. C. Goheen, D. Teliz, and G. Nyland, 1980. Pierce's disease of grapevine in Mexico. *Plant Dis.* 64:280-282
- Randall, J. J., N. P. Goldberg, J. D. Kemp, M. Radionenko, J. M. French, M. W. Olsen. 2009. Genetic analysis of a novel *Xylella fastidiosa* subspecies found in the southwestern United States. *Appl Environ Microbiol.* 75: 5631–5638. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2737921/pdf/0609-09.pdf>. Consultado el 02 de abril de 2019.
- Ranieri, E., G. Zittib, P. Rioloa, N. Isidoroa, S. Ruschionia, M. Brocchinib, R. P. P. Almeida. 2020. Fluid dynamics in the functional foregut of xylem-sap feeding insects: A

- comparative study of two *Xylella fastidiosa* vectors. *Journal of Insect Physiology*, 120 103995 En línea: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022191019301684?via%3Dihub>
- Rapicavoli, J. I. Brian, B. Blanco-Ulate, D. Cantu, C. Roper. 2018. *Molecular Plant Pathology* (2018) 19(4):786–800. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/mpp.12585>
- Raven, J. 1983. Phytophages of xylem and phloem: a comparison of animal and plant sap-feeders *Advances in Ecological Research*, vol. 13, Elsevier, pp. 135-234
- Redak, R. A., A. H. Purcell, J. R. Lopes, M. J. Blua, R. F. Mizell, III. and P. C Andersen. 2004. The biology of xylem fluid-feeding insect vectors of *Xylella fastidiosa* and their relation to disease epidemiology. *Annual Review Entomology*, 49: 243–270. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14651464> Consultado el 11 de marzo de 2018.
- Rocha, J. G., F. Zambolim, F. X. R. Vale, E. M. Zambolim, A. Bergamin Filho, W. C. Jesus Júnior, y B. Hau, 2006. Quantificação dos danos causados por *Xylella fastidiosa* em cafeeiro; *Summa Phytopathologica* (32 S); pp. 90-91.
- Rodrigues, M. L., M. E. Silva-Stenico, J. Gomes, J. S. Lopes, S. M. Tsai, 2003. Detection and Diversity Assessment of *Xylella fastidiosa* in Field-Collected Plant and Insect Samples by Using 16S rRNA and gyrB Sequences. *Applied and environmental microbiology*, 4249–4255. doi: 10.1128/AEM.69.7.4249-4255.2003.
- Romo, H., P. Sanabria, and E. García-Barros. 2012. Predicción de los impactos del cambio climático en la distribución de lepidópteros del género *Boloria* Moore, 1900 en la Península Ibérica (Lepidoptera: Nymphalidae). *SHILAP Revista de lepidoterología*, 40(158): 1-20.
- Roper, M. C., L. C. Greve, J. G. Warren, J. M. Labavitch, y B. C. Kirkpatrick. 2007. *Xylella fastidiosa* requires polygalacturonase for colonization and pathogenicity in *Vitis vinifera* grapevines. *Molecular Plant-Microbe Interaction*. (20):411-419. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17427811>
- Rzedowski, G. C. y J. Rzedowski, 2004. Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato. 315 p. *In: Flora del Bajío y Regiones Adyacentes*. Rzedowski, G. C. y Rzedowski, J (eds). Instituto de Ecología. Fascículo XX. México.
- Servín-Villegas, R., A. Tejas-Romero, C. Lebsky, S.K. Palacios-Cardiel, A. K. Camper, G. D. Ehrlich, J. W. Costerton, y D. G. Davies, 2002. *Pseudomonas aeruginosa* displays multiple phenotypes during development as a biofilm. *Journal Bacteriology* (184) 1140-1154 pp. <https://jb.asm.org/content/184/4/1140.long>
- Schuenzel, E. L., M. Scally, R. Stouthamer, L. Nunney. 2005. A multigene phylogenetic study of clonal diversity and divergence in North American strains of the plant pathogen *Xylella fastidiosa*. *Appl Environ Microbiol*; 71: 3832–3839. doi: 10.1128/AEM.71.7.3832-3839.2005.

- SENASICA, 2019a. Módulo de Requisitos Fitosanitarios para la importación de mercancías. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SADER). <https://sistemasssl.senasica.gob.mx/mcrfi/ConsultaCatalogos.xhtml> Consultado el 21 de enero de 2019.
- SENASICA. 2019b. Enfermedad de Pierce (*Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*). Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Cd. de México. Ficha Técnica No. 26. 14 p.
- SENASICA, 2018a. Estrategia operativa de la campaña contra Enfermedad de Pierce (*Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/283579/Estrategia_operativa_2018_Pierce.pdf
- SENASICA. 2018b. Informe mensual Campaña contra enfermedad de pierce. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/informes-y-evaluaciones-enfermedad-de-pierce> Consultado el 28 de enero de 2019.
- SENASICA, 2017a. Módulo de Requisitos Fitosanitarios para la Importación. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <http://www.senasica.gob.mx/?id=5145> Consultado el 13 de marzo de 2017.
- SENASICA, 2017b. Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <http://www.senasica.gob.mx/?id=6575> Consultado el 11 de marzo de 2017.
- SENASICA, 2017c. Enfermedad de Pierce. Campañas y Programas Fitosanitarios. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <http://www.senasica.gob.mx/?id=4521> Consultado el 11 de marzo de 2017.
- SE-SIAVI. Sistema de Información Arancelaria vía Internet. Secretaria de Economía. 2019. Estadísticas anuales de importación de estacas de vid. <http://www.economia-snci.gob.mx/>
- SIAP, 2019. Cierre de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SIAP. 2018. Atlas agroalimentario 2012-2018. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018
- Sicard, A., A. R. Zeilinger, M. Vanhove, T. E Schartel, D. J. Beal, M. P. Daugherty, R. Almeida. 2018. *Xylella fastidiosa*: Insights in to an Emerging Plant Pathogen. Annu. Rev. Phytopathol. 2018. 56:181–202. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-045849>. Consultado el 02 de abril de 2019.

- Siebert, Jerry. 2011. Economic Impact of Pierce's Disease on the California Grape Industry. California Department of Food and Agriculture. https://www.cdфа.ca.gov/pdcp/Documents/Proceedings/Research_Summaries.pdf
- Sisterson, M. S., C. A. Ledbetter, J. C. Chen, B. S. Higbee, R. L. Groves, y K. M. Daane. 2012. Management of almond leaf scorch disease: long-term data on yield, tree vitality, and disease progress; Plant Disease (96): 1037-1044.
- Smith, D. 2011. Enfermedad de Pierce (Pierce's Disease). University Estate of Oklahoma. <http://www.extension.org/pages/60165/enfermedad-de-piercesdisease>. Consultado el 12 de noviembre de 2018.
- Su, C. C., W. L. Deng, F. J. Jan, C. J. Chang, H. Huang, H. T. Shih, J. Chen, 2016. *Xylella taiwanensis* sp. nov., causing pear leaf scorch disease. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 66(11); pp. 4766-4771. doi: 10.1099/ijsem.0.001426.
- Tumber, K. P., J. M. Alston, K. B. Fuller, 2014. Pierce's disease costs California \$104 million per year. California Agriculture 68(1-2). <http://calag.ucanr.edu/Archive/?article=ca.v068n01p20>. Consultado el 12 de noviembre de 2018.
- UCANR, 2019. UC Pest Management Guidelines. Grape Sharpshooters. <http://ipm.ucanr.edu/PMG/r302301711.html> Consultado el 15 de julio de 2019.
- UCIPM. University of California. 2017. Pest Management Guidelines: Alfalfa. <http://ipm.ucanr.edu/PMG/r1100111.html>
- Vargas-Ponce, O., R. Ramírez Delgado, H. J. Arreola-Nava, M. Cedano Maldonado, R. González Tamayo, L. M. González Villarreal, M. Harker, L. Hernández-López, R. E. Martínez González, J. A. Pérez de la Rosa. 2017. Las plantas con flores (Angiospermas). En: CONABIO y SEMADET (Eds.). La biodiversidad en Jalisco. Estudio de Estado. Vol. II. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET). pp. 123-133.
- Vibrans, H. 2009. Malezas de México. CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/> Consultado en septiembre de 2014.
- Villaseñor, J. L. y F. J. Espinosa-García, 2004. The alien flowering plants of Mexico. Diversity and Distributions. 10 (2): 113-123.
- Villaseñor R., J. L. y G. F. Espinosa 1998. Catálogo de malezas de México. 1ª ed. UNAM, CONACOFI y Fondo de Cultura Económica. México. 449 p.
- Villegas y de Gante, M. 1979. Malezas de la Cuenca de México. Instituto de Ecología, Museo Natural de la Ciudad de México. México, D.F.
- Von B., S. B., W. D. Bauer, y D. L. Coplin, 2003. Quorum sensing in plant-pathogenic bacteria. Annu. Rev. Phytopathol. (41): 455-482. <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.phyto.41.052002.095652>

- Wells, J. M., B. C. Raju, G. Nyland, y S. K. Lowe. 1981. Medium for isolation and growth of bacteria associated with Plum leaf scald and Phony peach diseases. *Applied Environmental Microbiology* (42) 357-363 pp.
- Yuan, X., L. Morano, R. Bromley, S. Spring-Pearson, R. Stouthamer, L. Nunney, 2010. Multilocus Sequence Typing of *Xylella fastidiosa* Causing Pierce's Disease and Oleander Leaf Scorch in the United States. *The American Phytopathological Society* Vol. 100, No. 6, 2010. doi: doi:10.1094/ PHYTO-100-6-0601.