

Xylella fastidiosa y las enfermedades que causa

Un problema global

Ester Marco-Noales^a, Blanca B. Landa^b y María M. López^a

^aInstituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (España, Valencia, Moncada)

^e^bInstituto de Agricultura Sostenible-CSIC (España, Córdoba)

1. Introducción

Xylella fastidiosa está considerada como la bacteria que constituye la principal amenaza hoy día para distintos cultivos de gran importancia estratégica, en todos los países donde aún no está presente. Por ello, es una bacteria de cuarentena en la Unión Europea (UE) desde el año 2000, según la Directiva 2000/29/EC, y también está incluida en la lista A1 de la Organización Europea y Mediterránea de Protección de Plantas (EPPO) (<http://www.eppo.org/QUARANTINE/listA1.htm>). Su peligro radica en que es el agente causal de numerosas enfermedades muy graves, que podrían tener enormes repercusiones económicas para distintos cultivos europeos y muy especialmente para la economía española, dado que puede afectar a olivo, vid, cítricos, frutales de hueso, almendro y numerosas especies ornamentales y forestales.

Su nombre específico denota dos características de esta bacteria: que habita en el xilema de las plantas hospedadoras (*Xylella*) y que tiene un crecimiento muy lento en los medios de cultivo microbiológicos (*fastidiosa*). Es transmitida de forma persistente por distintas especies de insectos chupadores del xilema de los huéspedes a los que afecta (Capítulo 4). De hecho, *X. fastidiosa* coloniza dos hábitats: el xilema de las plantas hospedadoras y el intestino anterior de los insectos chupadores de savia bruta que son vectores de la bacteria (Almeida y Nunney, 2015).

Actualmente, *X. fastidiosa* es la bacteria de mayor resonancia mediática a nivel internacional, con especial relevancia en la UE, donde ha pasado de ser una bacteria de cuarentena solamente conocida por los fitopatólogos a ser considerada el principal peligro para importantes cultivos. En Europa la alarma se disparó en 2013 con la detección de un importante brote de *X. fastidiosa* en el sur de Italia (Saponari *et al.*, 2013), donde ha arrasado miles de hectáreas de olivar en Apulia. Sin embargo, como veremos a lo largo de este li-

bro, también supone un grave riesgo para la vid, los frutales de hueso (ciruelo, melocotonero), los cítricos, el almendro y numerosas especies frutales, ornamentales y forestales de los países mediterráneos. No obstante, el impacto real de esta bacteria en los distintos países de la UE dependerá de las circunstancias concretas del lugar de su introducción y de los huéspedes y vectores locales. No puede descartarse que el patógeno esté ya presente en diversos países, en zonas localizadas, y que pase inadvertido debido a la falta de especificidad de los síntomas, la ausencia de vectores eficientes, o a que no se hayan utilizado los procedimientos diagnósticos sensibles y específicos que son estrictamente necesarios para su diagnóstico.

En este primer capítulo se resumen algunas características de las enfermedades causadas por esta bacteria en sus principales huéspedes. Pero es necesario señalar que *X. fastidiosa* se ha convertido en la bacteria más imprevisible de todas las que afectan a las plantas cultivadas, dada la gran diversidad de sus cepas, los numerosos vectores que la transmiten, que pueden ser distintos en cada país, y la larga lista de huéspedes a los que puede afectar y que, además, varía de un país a otro en función de los vectores y las subespecies presentes. Aunque se sabe mucho sobre *X. fastidiosa*, hay todavía muchas más preguntas por responder que respuestas para ellas, tanto respecto a la biología de las distintas subespecies de esta especie como a su epidemiología en distintos huéspedes. Y, desgraciadamente, hoy por hoy se carece de métodos eficientes y sostenibles para su control integrado.

2. Cronología de algunas de las enfermedades causadas por *X. fastidiosa*

La historia de *X. fastidiosa* tiene ya más de un siglo, porque el primer síndrome conocido causado por esta bacteria fue descrito en 1887 por Newton Barris Pierce, cuando una extraña patología arrasó miles de hectáreas de vid en Los Ángeles (California) (Janse y Obradovic, 2010). En homenaje al formidable trabajo de aquel científico, la enfermedad se denominó en 1930 enfermedad de Pierce (*Pierce disease* o PD) (Gardner y Hewitt, 1974) (Capítulo 8). Posteriormente, en la década de 1940 se demostró la transmisión de la enfermedad por vectores (Purcell, 2013; Janse y Obradovic, 2010). Sin embargo, el agente causal no se aisló en cultivo hasta 1978 (Davis *et al.*, 1978). Y no fue hasta 1987 cuando esta bacteria fue adecuadamente descrita, clasificada y denominada como la única especie de un nuevo género, recibiendo el

nombre de *Xylella fastidiosa* (Wells *et al.*, 1987). Hoy en día, la enfermedad de Pierce sigue siendo una gran preocupación para los productores del sur de EEUU. De hecho, en la primera década de este siglo XXI, *X. fastidiosa* era considerada como una de las mayores amenazas para diversos cultivos de varios países americanos (Hopkins y Purcell, 2002). Una vez que *X. fastidiosa* se aisló en medio de cultivo de laboratorio y se describió, empezó a encontrarse en muchos otros huéspedes además de la vid, tanto en plantas con síntomas como sin síntomas. Entre ellas están *Prunus* spp., *Acer* spp, *Carya illinoensis*, *Coffea arabica*, *Citrus*, *Hedera helix*, *Morus rubra*, *Nerium oleander*, *Platanus occidentalis*, *Quercus* spp., *Ulmus americana*, *Medicago sativa*, *Vinca major*, *Persea americana*. La caracterización de *X. fastidiosa* culminó con la secuenciación del genoma completo de una cepa de cítricos (Almeida *et al.*, 2000), siendo la primera bacteria fitopatógena de la que se secuenció todo el genoma, lo que da idea de la importancia que este patógeno ha ido adquiriendo.

Ya desde la primera década del siglo XX, esta bacteriosis fue considerada como una de las grandes amenazas para el cultivo de la vid, y en la actualidad lo sigue siendo en el sur de los EEUU, donde se ha convertido en las dos últimas décadas en un factor limitante para la producción. Ello es debido, principalmente, a la introducción en California en la década de 1990 de un vector exótico muy eficiente en la transmisión de la bacteria y de difícil control, *Homalodisca vitripennis* (Hemiptera: Cicadellidae) (Chatterjee *et al.*, 2008). Respecto a la vid en Europa, aunque existe un trabajo publicado en 1998 en el que se diagnosticaba la bacteria en viñedos de Kosovo (Berisha *et al.*, 1998), la presencia de *X. fastidiosa* en dicha especie no se ha podido confirmar en aquel país. Además, también existen citas, pero igualmente con resultados no confirmados, de introducciones de la bacteria en material importado de vid en Francia, procedente de viveros de EEUU (EPPO Reporting Service 500/02, 505/13, 1998/9).

En 1987, *X. fastidiosa* fue asociada en Brasil a una grave enfermedad observada en distintas variedades de naranjo dulce, que producía clorosis en hojas y decaimiento de los árboles, haciéndolos económicamente improductivos y a la que se denominó clorosis variegada de los cítricos (*citrus variegated chlorosis* o CVC) (Chang *et al.*, 1993; Hartung *et al.*, 1994). Se demostró que esa bacteriosis estaba causada por *X. fastidiosa* subsp. *pauca* y hasta la fecha solo ha sido diagnosticada en Brasil y en áreas restringidas de Argentina, Paraguay y Costa Rica (Brlansky *et al.*, 1991; Hartung *et al.*, 1994; Coletta y Machado, 2003; Aguilar *et al.*, 2005) (Capítulo 9). Veinte años después de la primera

detección en Brasil se estimaba que más del 40 % de los 200 millones de naranjos que hay en el estado de Sao Paulo y en el triángulo minero del estado de Minas Gerais estaban infectados por *X. fastidiosa* (Bové y Ayres, 2007).

En 2012 saltó una primera alarma en Francia, porque tuvo lugar la detección de la bacteria en plantas de cafeto (*Coffea arabica* y *C. canephora*), que procedían de Ecuador y México (Legendre *et al.*, 2014), pero eran plantas confinadas en invernadero y el brote se erradicó (ANSES, 2012; EPPO 2012; EFSA PLH Panel, 2015).

En 2013 se descubrió que la bacteria había pasado de nuevo del continente americano al europeo, cuando la enfermedad denominada decaimiento súbito del olivo u OQDS (*Olive Quick Decline Syndrome*) fue identificada por primera vez en la región de Apulia, en el sureste de Italia, y se demostró que en las plantas afectadas estaba presente *X. fastidiosa* subsp. *pauca* (Saponari *et al.*, 2013). Hasta entonces esta subespecie solo se había detectado en cítricos y en cafeto en Brasil y en plantas ornamentales en Costa Rica. La identificación de *X. fastidiosa* en los olivos afectados representó la primera detección confirmada de esta bacteria en la UE. En Apulia, *X. fastidiosa* es transmitida por *Philaenus spumarius* (Hemiptera: Aphrophoridae) (Saponari *et al.*, 2014), que ha demostrado ser un vector extremadamente eficiente y abundante. Desde la detección de ese brote inicial, la bacteriosis se ha extendido por toda la región de Apulia, causando enormes pérdidas económicas y medioambientales y afectando a numerosas especies cultivadas y silvestres (Capítulo 10). Pero hasta ahora, en ningún caso se han encontrado plantas de vid o cítricos infectadas, o con resultado positivo, en los análisis efectuados. Tras la primera detección de la bacteria en Italia, la UE publicó una legislación de obligado cumplimiento que dio lugar a la puesta en marcha de medidas para contener su expansión más allá de la zona de la primera detección, e impedir que pudiese ser dispersada a otras zonas oleícolas en la UE mediante la distribución de material vegetal infectado. Sin embargo, a finales de 2014 toda la provincia de Lecce en la región de Apulia fue declarada zona infectada, en la que ya solo se aplican medidas de contención. El área delimitada está rodeada por una extensa zona tampón, en la que están incluidas zonas de vigilancia. En mayo de 2016 la extensión de la zona infectada era de 110 km desde el punto más meridional de la península de Italia y la de la zona tampón era de 10 km. Basándose en los resultados de prospecciones oficiales, el resto del territorio italiano, fuera de estas zonas, está todavía considerado a fecha de septiembre de 2017 como libre del patógeno. Al mismo tiempo, un grupo de investigado-

res del CNR de Bari (Apulia), liderado por los Drs. Boscia y Saponari, inició un programa de investigación, merecedor de admiración, que determinó la naturaleza específica y el genoma de la bacteria asociada al OQDS, desarrolló protocolos para su diagnóstico, e identificó los vectores que propician la diseminación y transmisión de la misma (Capítulo 10), todo ello en un tiempo récord, que ha sido de gran utilidad para la prevención de la bacteria en la UE.

En 2015, las autoridades francesas informaron del primer brote de *X. fastidiosa* en su territorio, en la isla de Córcega, en plantas de la especie ornamental *Polygala myrtifolia*. Y en octubre de ese mismo año se detectó la bacteria en la Costa Azul, primero en Niza y luego en varios municipios del departamento de Alpes-Maritimes y posteriormente también del de Var (Región PACA) (Capítulo 11). En Julio de 2017 el número de focos declarados era de 342 en la isla de Córcega y de 21 en la región PACA. En Francia, con alguna excepción menor, la subespecie detectada es *X. fastidiosa* subsp. *multiplex* y se ha aislado de más de 30 especies vegetales diferentes. Sin embargo, las muestras analizadas hasta el verano de 2017 de olivos, cítricos y vid han resultado todas negativas. En los diversos focos aparecidos en Córcega y la región PACA, se tomaron medidas de forma inmediata tras su detección basadas en la Decisión de Ejecución (EU) 2015/789.

En 2016, en Alemania, en el curso de una inspección rutinaria en un invernadero de un pequeño vivero de Sajonia, se analizó una planta de adelfa que mostraba síntomas sospechosos, y tanto en ella como en otra de romero se detectó *X. fastidiosa*. La subespecie identificada fue *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*. De acuerdo a la Decisión (EU) 2015/789, se tomaron inmediatamente medidas oficiales de erradicación, y la delimitación de un área con una zona tampón que llega a parte del estado vecino de Turingia. Unos meses después también se detectó *X. fastidiosa* en *Streptocarpus* sp. y en híbridos de *Erysimum* en ese mismo vivero. Desde entonces se han analizado unas 700 muestras, todas negativas, así como posibles vectores también negativos para *X. fastidiosa*, y se continúan haciendo muestreos y análisis de plantas y de posibles vectores, para establecer el origen del foco y delimitarlo.

En España, la entrada o detección de la bacteria era un hecho casi anunciado, ya que nuestro país ha importado y sigue importando plantas procedentes de países que sufren la enfermedad, sin que la sanidad de dichas plantas pueda estar garantizada al 100 %, a pesar de tomarse muestras (más o menos representativas) de los lotes importados que luego son analizadas, cumpliendo así la legislación europea. A finales de 2016, en el transcurso de inspecciones y

análisis rutinarios en Mallorca, se detectó *X. fastidiosa* en cerezos y plantas de *Polygala myrtifolia* (Olmo *et al.*, 2017). La bacteria se ha seguido detectando desde entonces en diversas especies frutales y ornamentales, así como en Ibiza y en Menorca (Capítulo 12). A comienzos del verano de 2017 *X. fastidiosa* se detectó también en Alicante en plantaciones de almendro (Capítulo 13). En ambas comunidades autónomas se puso en marcha el Plan de Contingencia del MAPAMA y se realizaron prospecciones y toma de muestras de plantas huéspedes potenciales en un radio de 100 m alrededor de las plantas infectadas, lo que dio lugar a encontrar nuevos focos e ir incrementando el tamaño de las zonas demarcadas en cada caso.

3. Variantes de *X. fastidiosa* y su distribución geográfica

En un principio se creía que la especie *X. fastidiosa* estaba constituida por un grupo homogéneo de bacterias que causaban enfermedad en una amplia gama de plantas. Sin embargo, se comprobó que esto no era así cuando empezaron a utilizarse métodos de genotipado, basados en secuencias de ADN, para comparar aislados del patógeno que colonizaban diferentes plantas huéspedes (Chen *et al.*, 1992). Fue entonces cuando se describieron al menos cuatro grupos genéticos principales que actualmente se clasifican como subespecies (Schaad *et al.*, 2004; Schuenzel *et al.*, 2005): *fastidiosa*, *pauca*, *multiplex* y *sandyi* (Schaad *et al.*, 2004; Schuenzel *et al.*, 2005), aunque solo dos, la subespecie *fastidiosa* y la subespecie *multiplex*, se consideran nombres válidos por la International Society of Plant Pathology, Committee on the Taxonomy of Plant Pathogenic Bacteria (ISPP-CTPPB) (Bull *et al.*, 2012). La introducción del tipado por análisis multilocus (*multilocus sequence typing*, MLST, Yuan *et al.* 2010) revolucionó la taxonomía de *X. fastidiosa* y permitió organizar clados filogenéticos significativos asociados a las subespecies. El MLST utiliza datos de siete genes de mantenimiento que están distribuidos por todo el cromosoma bacteriano, y la combinación del conjunto de los siete alelos individuales se emplea para asignar los aislados a tipos de secuencia (*Sequence Type*, ST).

Estas cuatro subespecies han divergido genéticamente entre un 1 % y un 3 %, aparentemente debido a su aislamiento geográfico en los últimos 20.000-50.000 años (Nunney *et al.* 2012, Schuenzel *et al.*, 2005). Este aislamiento se rompió por la actividad humana (Nunney *et al.* 2012, Yuan *et al.* 2010), y la coocurrencia de subespecies previamente alopátricas, es decir, diferentes por aislamiento geográfico, ha resultado en una recombinación ho-

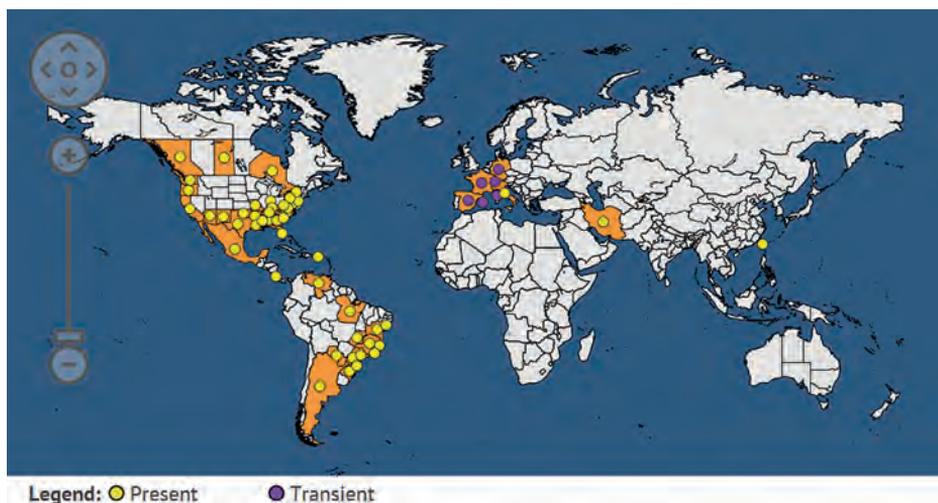
móloga (Nunney *et al.* 2012, 2014). Se ha demostrado que las poblaciones naturales de *X. fastidiosa* recombinan con frecuencia (Almeida *et al.* 2008; Nunney *et al.* 2012, 2014), lo que apoya la hipótesis de que el flujo genético vía recombinación homóloga puede ser uno de los motores que ha dado lugar a la emergencia reciente de nuevas enfermedades producidas por *X. fastidiosa* (Almeida y Nunney 2015; Kandel *et al.*, 2017).

Hay cepas de *X. fastidiosa* que no se han podido asignar a ninguna de las cuatro subespecies. De hecho, se propuso una quinta subespecie para incluir aislados que causan enfermedad en *Chitalpa tashkentensis* (*Bignoniaceae*) en Nuevo México (EEUU), pero su posición filogenética todavía no está clara (Randall *et al.*, 2009). Y más recientemente se propuso la subespecie *mori* para aislados que colonizan moreras en EEUU (Nunney *et al.* 2014), y que sería fruto de la recombinación de alelos de las subespecies *fastidiosa* y *multiplex*.

En Taiwán se describió una enfermedad en peral (*Pyrus pyrifolia* y *P. serotina*) muy similar al quemado de hojas causado por *X. fastidiosa* en otros árboles (Leu and Su, 1993; Chen *et al.*, 2006), y el agente causal se asignó en un principio a una nueva subespecie de *X. fastidiosa*; sin embargo, los últimos estudios filogenéticos sugieren que se trata de una nueva especie del género, que se ha denominado *X. taiwanensis* (Su *et al.*, 2016).

La distribución actual de *X. fastidiosa* se presenta en la Figura 1. En un vistazo rápido se observa una amplia distribución de la bacteria por todo el continente americano, que da idea del aislamiento geográfico en el que estuvo este patógeno hasta que dio el salto fuera de América. En Norteamérica, *X. fastidiosa* se ha detectado tanto en Canadá como en México y en EEUU (Alabama, Arizona, Arkansas, California, Delaware, District of Columbia, Florida, Georgia, Indiana, Kentucky, Louisiana, Maryland, Mississippi, Missouri, Montana, Nebraska, New Jersey, New Mexico, New York, North Carolina, Oklahoma, Oregon, Pennsylvania, South Carolina, Tennessee, Texas, Virginia, Washington, West Virginia). En América Central y el Caribe, en Costa Rica (Nunney *et al.*, 2014) y México (Legendre *et al.*, 2014). Además, se han interceptado partidas infectadas importadas en Europa desde Honduras. En Sudamérica, *X. fastidiosa* se ha detectado en Argentina, Brasil, Ecuador, Paraguay y Venezuela. Fuera de América y Europa, se ha detectado en Irán. Las informaciones sobre India, Líbano y Turquía son inciertas, ya que se basan solo en inspección visual, ELISA y/o observaciones microscópicas. Sobre la situación en África no hay información.

Figura 1. Mapa de distribución mundial de *Xylella fastidiosa*



* Las zonas con un círculo amarillo indican presencia permanente de la bacteria, mientras que aquellas señaladas con uno violeta indican una presencia transitoria.

Fuente: EPPO Global database.

Entre las cuatro subespecies aceptadas de *X. fastidiosa* parece haber cierto grado de diferenciación en función del huésped; sin embargo, hay incertidumbre respecto al rango potencial de huéspedes en la flora europea, ya que muchas especies de plantas europeas, principalmente silvestres, nunca han estado expuestas a la bacteria y se desconoce si serían huéspedes y, en caso afirmativo, si serían sintomáticos o asintomáticos (EFSA 2015). Además, no se ha encontrado especificidad entre el genotipo de *X. fastidiosa* y las especies de insectos vectores en Norteamérica (Almeida *et al.* 2005).

4. Gama de huéspedes

La gama de huéspedes de *X. fastidiosa* es extremadamente amplia, ya que, según la evaluación de la *European Food Safety Authority* (EFSA), abarca 359 especies de plantas que pueden ser infectadas por esta bacteria, en condiciones naturales o experimentales, y que pertenecen a 204 géneros y 75 familias botánicas (EFSA 2015, 2016). Esta lista va en aumento con los huéspedes que se van encontrando en los nuevos brotes europeos. Solo en los últimos tres años, desde la detección de *X. fastidiosa* en Italia, Francia y España, se han descrito más de cuarenta nuevos huéspedes, identificados en los focos de dichos países, que pertenecen a 16 géneros de cinco familias en las que la bacteria no había sido previamente identificada. La Comisión Europea publica actualizaciones de la lista periódicamente (Tabla 1), que se pueden consultar en la siguiente dirección electrónica: https://ec.europa.eu/food/plant/plant_health_biosecurity/legislation/emergency_measures/xylella-fastidiosa/susceptible_en.

Todo esto sugiere que, en nuevos brotes, la bacteria podría afectar a otras especies cultivadas, ornamentales, forestales o silvestres, no descritas, lo que hace difícil prever su impacto real y sus reservorios. Además, la bacteria se ha detectado también en muchas plantas silvestres (con frecuencia solo de modo latente), como hierbas, juncos y diversos árboles (Freitag, 1951; Blake, 1993; Hartman, 1991, 1992, 2003; Hernandez-Martines *et al.*, 2007; Raju *et al.*, 1983). No se puede excluir que el patógeno esté presente a pequeña escala en otras zonas geográficas de Europa y pase desapercibido por la falta de familiaridad con los síntomas o la ausencia (al menos temporal) de vectores eficaces. No hay que olvidar la gran cantidad de patrones de vida importados desde finales del siglo XIX desde Norteamérica a Europa debido a su resistencia a la filoxera y las frecuentes importaciones de muchos otros huéspedes de zonas en las que la enfermedad está presente (arándano, almendro, fresa, melocotonero, y decenas de especies de plantas ornamentales, etc.), que podrían haber llevado a la introducción incidental del patógeno en las últimas décadas (Janse y Obradovic, 2010).

Tabla 1. Lista de plantas susceptibles a las diferentes subespecies de *Xylella fastidiosa* en territorio de la Unión Europea, según la actualización de la Comisión Europea de 28 de julio de 2017

Subespecie de <i>X. fastidiosa</i>	Planta susceptible
<i>X. fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i>	<i>Cistus mospeliensis</i> L. <i>Prunus avium</i> L. <i>Sireptocarpus</i> <i>Erysimum</i> <i>Vitis vinifera</i> L.
<i>X. fastidiosa</i> subsp. <i>multiplex</i>	<i>Acacia dealbata</i> Link <i>Acer pseudoplatanus</i> L. <i>Anthyllis hermanniae</i> L. <i>Artemisia arborescens</i> L. <i>Asparagus acutifolius</i> L. <i>Calicotome villosa</i> (Poiret) Link <i>Cercis siliquastrum</i> L. <i>Cistus creticus</i> L. <i>Cistus mospeliensis</i> L. <i>Cistus salvifolius</i> L. <i>Coronilla valentina</i> L. <i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link <i>Cytisus villosus</i> Pourr. <i>Ficus carica</i> L. <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl <i>Genista x spachiana</i> (syn. <i>Cytisus racemosus</i> Broom) <i>Genista corsica</i> (Loisel.) DC. <i>Genista ephedroides</i> DC. <i>Hebe</i> <i>Helichrysum italicum</i> (Roth) G. Don <i>Lavandula angustifolia</i> Mill. <i>Lavandula dentata</i> L. <i>Lavandula stoechas</i> L. <i>Lavandula x allardii</i> (syn. <i>Lavandula x heterophylla</i>) <i>Lavandula x intermedia</i> <i>Metrosideros excelsa</i> Sol. ex Gaertn. <i>Myrtus communis</i> L. <i>Olea europaea</i> L. <i>Pelargonium graveolens</i> L'Hér <i>Phagnalon saxatile</i> (L.) Cass. <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. <i>Prunus domestica</i> L. <i>Quercus suber</i> L. <i>Rosa canina</i> L. <i>Spartium junceum</i> L. <i>Westringia fruticosa</i> (Willd.) Druce

Tabla 1 (cont.). Lista de plantas susceptibles a las diferentes subespecies de *Xylella fastidiosa* en territorio de la Unión Europea, según la actualización de la Comisión Europea de 28 de julio de 2017

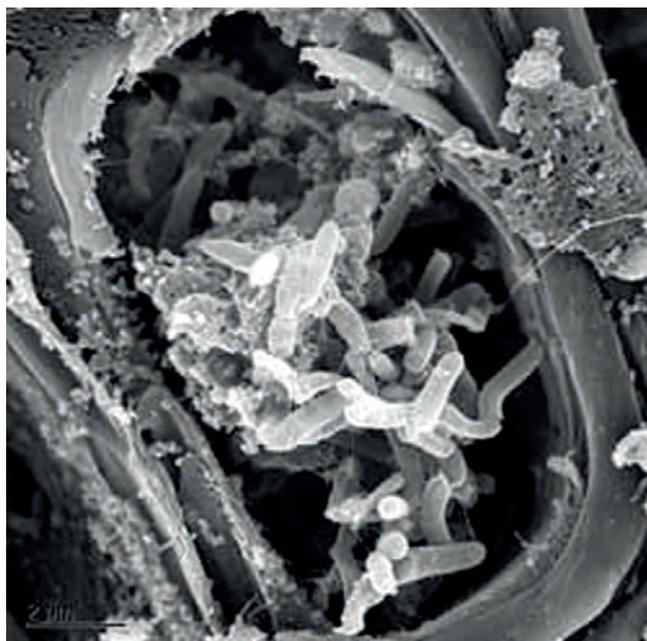
Subespecie de <i>X. fastidiosa</i>	Planta susceptible
<i>X. fastidiosa</i> subsp. <i>pauca</i>	<p><i>Acacia saligna</i> (Labill.) Wendl. <i>Asparagus acutifolius</i> L. <i>Catharanthus</i> <i>Chenopodium album</i> L. <i>Cistus creticus</i> L. <i>Dodonaea viscosa</i> Jacq. <i>Eremophila maculata</i> F. Muell. <i>Erigeron sumatrensis</i> Retz. <i>Erigeron bonariensis</i> L. <i>Euphorbia terracina</i> L. <i>Grevillea juniperina</i> L. <i>Heliotropium europaeum</i> L. <i>Laurus nobilis</i> L. <i>Lavandula angustifolia</i> Mill. <i>Lavandula stoechas</i> L. <i>Myrtus communis</i> L. <i>Myoporum insulare</i> R. Br. <i>Olea europaea</i> L. <i>Pelargonium x fragrans</i> <i>Phillyrea latifolia</i> L. <i>Prunus avium</i> (L.) L. <i>Rhamnus alaternus</i> L. <i>Spartium junceum</i> L. <i>Vinca</i> <i>Westringia fruticosa</i> (Willd.) Druce <i>Westringia glabra</i> L.</p>
Cualquiera de las tres subespecies	<p><i>Coffea</i> <i>Lavandula dentata</i> L. <i>Nerium oleander</i> L. <i>Polygala myrtifolia</i> L. <i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A. Webb <i>Rosmarinus officinalis</i> L.</p>

Fuente: Comisión Europea (2017).

5. Generalidades sobre la sintomatología de las enfermedades causadas por *X. fastidiosa*

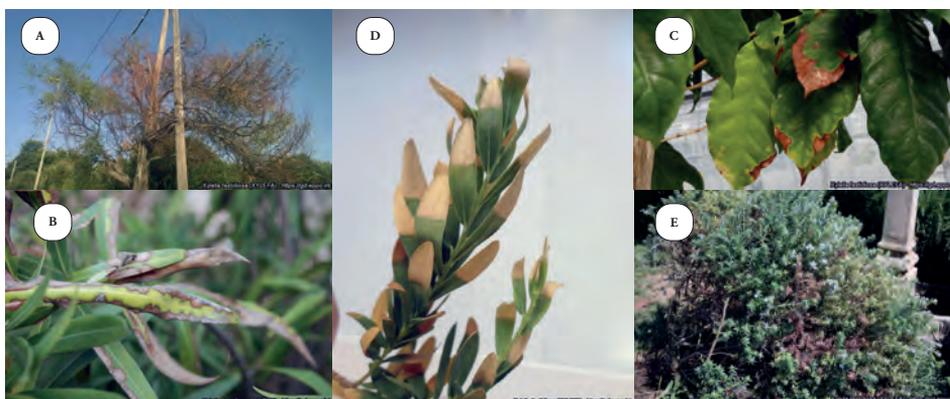
Los síntomas que origina *X. fastidiosa* dependen de la combinación específica de la planta huésped y la cepa de la bacteria. A medida que la bacteria invade los vasos del xilema, bloquea el transporte de nutrientes minerales y agua. La Figura 2 muestra las células bacterianas colonizando el xilema de vid. Generalmente, los síntomas incluyen el denominado quemado, escaldado, chamuscado foliar o necrosis marginal, marchitamiento del follaje, defoliación, clorosis o bronceado en el margen de la hoja y enanismo de la panta. Las infecciones bacterianas pueden ser tan graves como para conducir a la muerte de las plantas infectadas. El bronceado puede intensificarse hasta tomar coloración marrón oscura y secar los órganos afectados (Janse y Obradovic, 2010). En la Figura 3 se puede observar el típico síntoma de quemado en diferentes plantas.

Figura 2. Células de *Xylella fastidiosa* en el xilema de una planta de vid



Fuente: Electron Microscopy Laboratory (UC Berkeley).

Figura 3. Síntomas de quemado en *Acacia saligna* (A), *Nerium oleander* (B), *Coffea* sp. (C), *Polygala myrtifolia* (D) y *Westringia fruticosa* (E)



Fuente: EPPO global database.

Los síntomas generalmente aparecen al principio solo en unas pocas ramas, pero luego se suelen observar en todo el follaje. Dependiendo de la especie de planta afectada, pueden aparecer una gran diversidad de síntomas que incluyen también la presencia de manchas amarillas en las hojas, o de follaje clorótico, observándose a menudo una marcada decoloración amarilla entre los tejidos sanos y necróticos, lignificación irregular de la corteza, retraso del crecimiento, caída prematura de las hojas y frutos, reducción de la producción y del tamaño y sabor de los frutos, o una combinación de varios de estos síntomas.

Además, al ser muchos de estos síntomas poco específicos, pueden confundirse con los causados por otros factores bióticos o abióticos (otros patógenos, estreses ambientales, deficiencias de agua, salinidad, contaminantes del aire, problemas nutricionales, quemaduras de sol, etc.). En los próximos capítulos se tratarán alguna de las enfermedades más importantes que causa esta bacteria con una descripción profusa de los síntomas característicos de cada una de ellas.

6. Importancia económica

La gravedad de los daños causados por *X. fastidiosa* en muchos países debe ser evaluada, no solo en función de las plantas afectadas o las pérdidas de producción, sino también por las pérdidas que provoca en la industria que utiliza como materia prima los frutos de los huéspedes de la bacteria (uva, cítricos, aceituna, etc.). También se deben tener en cuenta las pérdidas medioambientales en especies forestales, en plantas ornamentales, en puestos de trabajo directos e indirectos, y otros factores sociales muy difíciles de evaluar. Además, la enfermedad causa también un daño indirecto en las áreas que producen material de plantación, ya que se prohíbe la exportación desde lugares donde está presente la bacteria.

En EEUU, el coste de la enfermedad de Pierce en California se ha estimado en unos 104,4 millones de dólares por año: 48,3 millones para actividades financiadas por varias agencias gubernamentales, las industrias viveristas y de cítricos, y 56,1 millones de pérdidas y reemplazamiento de viñedos por los agricultores. Estas cifras no incluyen los costes de las medidas preventivas contra la expansión de la chicharrita de alas cristalinas (*glassy winged sharpshooter*), vector exótico que apareció en la década de 1990 causando un notable incremento en la incidencia de la enfermedad de Pierce, por lo que las pérdidas estimadas son más bajas que las reales (Tumber *et al.*, 2014). Si el programa contra el vector acabase, se dispersaría libremente por toda California y el coste anual para la industria del vino, y en último término para los consumidores, se incrementaría en 185 millones de dólares (Alston *et al.*, 2013).

En el estado de Georgia, la enfermedad del falso melocotonero, conocida desde 1890, sigue siendo el principal factor limitante de la producción de este frutal (Purcell, 2014). Un ejemplo de las consecuencias en plantas ornamentales es el de la adelfa plantada a lo largo de las carreteras y en muchos jardines privados, porque las pérdidas solo en las autopistas de California se estimaron en 125 millones de dólares (Henry *et al.*, 1997). El impacto en especies forestales es más difícil de calcular debido a la ausencia general de datos (Sinclair y Lyon, 2005), pero un 35 % de los robles del estado de Nueva Jersey estaban afectados en la década de 2000 por el quemado bacteriano de hoja provocado por *X. fastidiosa* (Gould *et al.*, 2004).

En Brasil, aproximadamente el 40 % de los 200 millones de naranjos dulces plantados en el estado de São Paulo tienen síntomas de clorosis variegada

(Almeida *et al.*, 2014). Y se estimó que las pérdidas anuales por disminución de rendimiento o calidad del fruto podían superar los 100 millones de dólares por año en todo el país (Bové y Ayres, 2007).

En Italia, además de las pérdidas directas por la muerte de los olivos, los cambios en las técnicas agrícolas debidos a las prácticas de protección obligatoria (insecticidas y labores del suelo) han incrementado los costes (Sardaro *et al.*, 2015). Se ha estimado un coste de 111-119 euros por planta muerta, según los ingresos esperados de la producción de aceite de oliva en las áreas infectadas, mientras que el incremento en los costes de gestión se ha valorado en un 31 %. Las pérdidas medioambientales, relativas a los olivos centenarios, se han estimado en 64 euros por planta. Por tanto, el impacto potencial de *X. fastidiosa* en la península de Salento es muy elevado debido a los aproximadamente 11 millones de olivos presentes en el área infectada. Y otros huéspedes conocidos de la cepa local de *X. fastidiosa* tienen valor mediomambiental, y por tanto el patógeno también constituye una seria amenaza para ellos. Además, las poblaciones del único vector conocido en la zona, *Philaenus spumarius*, son localmente muy abundantes, y por ello hay un alto riesgo de extensión epidémica de la enfermedad a nuevos huéspedes susceptibles.

El impacto potencial de *X. fastidiosa* en los distintos cultivos y las distintas zonas de España no es fácil de prever, ya que las pérdidas estarán determinadas por las características de la subespecie o variante introducida en cada caso, el huésped o los huéspedes afectados, la abundancia y eficiencia en la transmisión de los vectores presentes en cada zona, su apetencia por las distintas especies cultivadas y la climatología, lo que la convierten en un patógeno cuya gravedad puede ser muy variable e impredecible. Aunque la gama potencial de plantas huéspedes en Europa, y particularmente en España, va a depender fundamentalmente de la biología y las preferencias alimenticias de los insectos que pueden actuar como potenciales vectores, sin duda las condiciones de clima Mediterráneo que se dan en el sur de Europa, similares a los de las zonas más afectadas por CVC, PD y la nueva enfermedad del olivo, sugieren un alto riesgo de expansión de estas bacteriosis. Por tanto, es de gran importancia extremar las medidas de exclusión frente a este patógeno y a sus vectores, ya que solo en España la superficie cultivada de olivo, vid y naranjo dulce supera las 3.800.000 ha.

7. Riesgo de introducción de *X. fastidiosa* en países de la UE

Ante la gravedad de la situación creada en el sur de Italia, la Unión Europea encargó a la EFSA las evaluaciones del riesgo de *X. fastidiosa* para los países de la UE. En ellas se concluyó que: a) la bacteria tiene una amplia gama de huéspedes frecuentemente cultivados en los países miembros, b) los cicadélidos europeos son potenciales vectores de la misma, y c) la probabilidad de entrada de *X. fastidiosa* procedente de países que sufren la enfermedad es muy alta con plantas importadas y moderada con insectos vectores (EFSA, 2015). Basándose en ello, la UE ha legislado rápidamente las normas necesarias para la prevención de *X. fastidiosa* en los países miembros, tras ser consciente de la carencia de una legislación específica respecto a las importaciones de plantas de países terceros (Capítulo 11). Por ello se han publicado directivas y normativa de obligado cumplimiento encaminadas a frenar la progresión de la bacteriosis en Italia, detectar nuevos focos si los hubiere en otros países y, dado el posible origen centroamericano de la introducción en Italia, impedir nuevas introducciones procedentes de países terceros. Para evitarlas, se obliga a todos los países miembros a controlar el estado sanitario de los olivos y otras especies huéspedes, y a realizar análisis de las plantas importadas procedentes de zonas en las que está citada la presencia de *X. fastidiosa*.

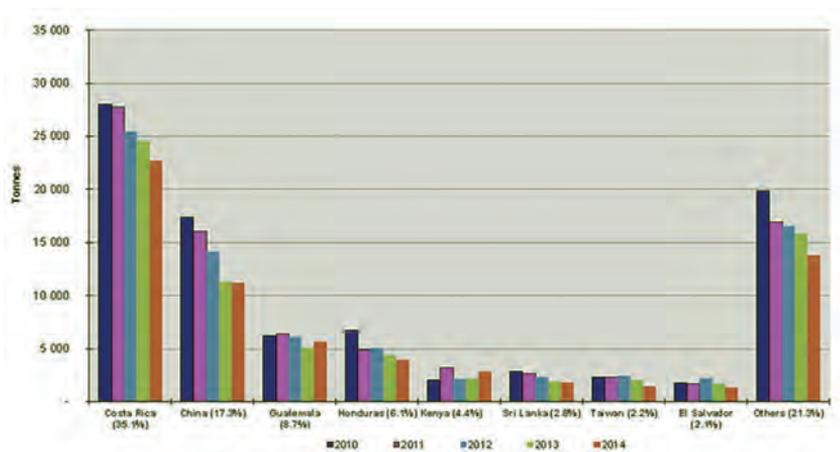
En España, el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), siguiendo las directrices de la UE (Directiva 2000/29/CE; Decisión UE 2015/789), ha elaborado un plan de prospecciones que deben realizarse en todas las comunidades autónomas. Además, en la Comunidad Valenciana, el Plan de Vigilancia Fitosanitaria de cítricos ha establecido actualmente más de mil puntos de muestreo donde, mediante trampas, se realiza un monitoreo de posibles vectores de *X. fastidiosa* y se realizan observaciones visuales en cítricos alrededor de dichos puntos. Por otra parte, todas las plantas citadas como huéspedes de *X. fastidiosa* (ver apartado 4) son revisadas en los Puntos de Inspección Fronterizos por los inspectores del MAPAMA y las muestras son analizadas en el Laboratorio Nacional de Referencia para Bacterias Fitopatógenas, localizado en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA, Moncada, Valencia).

8. Intercepciones de *X. fastidiosa* en la UE

La detección de *X. fastidiosa* en plantas importadas procedentes de países terceros es básica en la prevención de su introducción en nuevas zonas, según los datos disponibles sobre los posibles orígenes de los focos europeos y las diversas intercepciones realizadas desde 2012, que se pueden consultar en la base de datos del Sistema de Notificación de Intercepciones de la Unión Europea: https://ec.europa.eu/food/plant/plant_health_biosecurity/europhyt_en).

El Gráfico 1 muestra las importaciones de plantas en maceta a la UE en el período 2010-2014, procedentes de países terceros. Sirva de ejemplo Costa Rica, país del que se importaron, solo en esos cinco años, más de 27.000 t de plantas en maceta, que pueden suponer más de 60 millones de plantas. Y hay que señalar que en esa época no se analizaba el material de estos orígenes para presencia de *X. fastidiosa* porque se ignoraba el riesgo que suponía su introducción. Una vez dentro de cualquier país de la UE, esas plantas con su pasaporte fitosanitario se han movido libremente sin control. En varios de los países de la Figura 4, *X. fastidiosa* es endémica, tiene una amplísima gama de plantas ornamentales huéspedes y, en el caso de Apulia, los estudios moleculares demuestran que las importaciones de plantas de adelfa y cafeto de ese país han podido ser probablemente las responsables de la introducción del patógeno (Loconsole *et al.*, 2014).

Gráfico 1. Plantas en maceta importadas en la Unión Europea desde distintos países terceros en el período 2010-2014. En toneladas



Fuente: Estadísticas del 'Civil Dialogue Group - Horticultural Products'. EU-AGRI-C2. 2015.

Las plantas de cafeto, muy apreciadas en los países del centro y norte de Europa por su valor ornamental, han sido las más interceptadas, ya que hasta principios de 2016 se habían encontrado plantas positivas a *X. fastidiosa* en un invernadero y un mercado de Francia y en 11 lotes procedentes de varios países centroamericanos interceptados en puertos europeos, especialmente en Holanda, en tan solo en dos semanas de inspecciones intensivas realizadas en 2014 (Legendre *et al.*, 2014). Además, en 2016 se interceptaron también en Italia, pero en el norte, plantas de cafeto importadas de Costa Rica a través de Holanda e infectadas con nuevos tipos de diferentes subespecies de *X. fastidiosa* (Loconsole *et al.*, 2016), lo que da idea también del riesgo constante de introducción en Europa de diversidad genética adicional de este patógeno, muy especialmente con plantas ornamentales importadas.

En este sentido, en el Laboratorio Nacional de Referencia, se ha identificado *X. fastidiosa* en 2016 en esquejes de geranio (*Pelargonium* sp.) procedentes de México, y en plantas de nogal de California, que fueron devueltos a su origen al detectarse dicha bacteria. Y además se ha comprobado la importación frecuente en España de esquejes de muy variadas especies de plantas ornamentales de países americanos en los que está presente este organismo de cuarentena y que se analizan en el Laboratorio Nacional de Referencia. Pero resulta obvio que el análisis de una muestra de 1g de hojas de cada lote importado no puede garantizar totalmente la sanidad de todas las plantas del mismo lote (Capítulo 5). También es necesario señalar que estas intercepciones suponen un auténtico desafío logístico y de elevados costes, que además cuenta con la oposición de numerosos viveristas europeos e importadores de plantas ornamentales. Esto es debido a que ven peligrar un saneado negocio que se ha desarrollado enormemente en los últimos años, ante los bajísimos costes de producción de planta o de material de multiplicación en países terceros como los de Centroamérica y ante la pasada permisividad de la UE, antes de 2014.

La introducción de *X. fastidiosa* en la UE es el paradigma de cómo esta bacteria ha sido capaz de superar una legislación europea que apoya el comercio internacional de material vegetal sin una evaluación seria de los posibles riesgos fitosanitarios. Hasta 2013 se consideraba que *X. fastidiosa* no estaba presente en los países de la UE, pero esta afirmación era posiblemente demasiado optimista, ya que tampoco se buscaba intensivamente la bacteria en ningún país, salvo algunas excepciones y en algún cultivo como la vid. Es presumible que haya habido más introducciones de las señaladas, pero que hayan pasado desapercibidas al no tener todavía serias consecuencias económicas.

Agradecimientos

Las autoras agradecen al Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente su financiación al Laboratorio Nacional de Referencia de Bacterias Fitopatógenas, y a los proyectos POnTE (Pest Organisms Threatening Europe) y XF-ACTORS (*Xylella fastidiosa* Active Containment Through a multidisciplinary-Oriented Research Strategy), del programa Horizonte 2020 de la UE, su apoyo y financiación.

Referencias bibliográficas

- AGUILAR, E.; VILLALOBOS, W.; MOREIRA, L. y RODRÍGUEZ, C. M. (2005): «First report of *Xylella fastidiosa* infecting citrus in Costa Rica»; *Plant Dis.* (89); pp. 687.
- ALMEIDA, R. P. P. y NUNNEY, L. (2015): «How do plant diseases caused by *Xylella fastidiosa* emerge?»; *Plant Dis.* (99); pp. 1457-1467.
- ALMEIDA, R. P. P.; NASCIMENTO, F. E.; CHAU, J.; PRADO, S. S.; TSAI, C. W.; LOPES, S. A. y LOPES, J. R. (2008): «Genetic structure and biology of *Xylella fastidiosa* strains causing disease in citrus and coffee in Brazil»; *Appl. Environ. Microbiol.* (74); pp. 3690-3701.
- ALMEIDA, S.; VETTORE, A. L.; ZAGO, M. A.; ZATZ, M.; MEIDANIS, J., y SETUBAL, J. C. (2000): «The genome sequence of the plant pathogen *Xylella fastidiosa*»; *Nature* (406); pp. 151-157.
- ALSTON, J. M.; FULLER, K. B.; KAPLAN, J. D. y TUMBER, K. P. (2013): «The economic consequences of Pierce's disease and related policy in the California winegrape industry»; *J. Agr. Resour. Econ.* 38(2); pp. 269-97.
- ANSES (AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DE L'ALIMENTATION, DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL) (2012): «Evaluation du Risque Simplifiée de *Xylella fastidiosa*»; <http://www.anses.fr/Documents/SVEG-2012sa0121Ra.pdf>.
- AYRES, A. J. (2000): «Intensidade da clorose variegada dos citros em pomares comerciais de laranja do estado de São Paulo e sul do triângulo mineiro»; *Dissertação de mestrado*. Brasil, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP.

- AZEVEDO FILHO, W. S.; TOLOTTI, A.; CARVALHO, G. S.; MÜLLER, C.; BOTTON, M. y LOPES, J. R. S. (2016): *Guia ilustrado cigarrinhas na cultura da ameixeira*. RS: USEB. Pelotas. 1.^a edición; pp. 135.
- AZEVEDO FILHO, W. S.; PALADINI, A.; BOTTON, M.; CARVALHO, G. S.; RINGENBERG, R. y LOPES, J. R. S. (2011): «Manual de identificação de cigarrinhas em videira»; *Embrapa Informação Tecnológica*. Brasil, Brasília.
- BERIAM, L. O. S. y PARADELA FILHO, O. (2003): «*Xylella fastidiosa* em cafeeiro»; en ZAMBOLIM, L., ed.: *Tecnologia de produção de café com qualidade*. Brasil, Universidade Federal de Viçosa; pp. 281-293.
- BRLANSKY, R. H.; DAVIS, C. L.; TIMMER, T. W.; HOWD, D. S. y CONTRERAS, J. (1991): «Xylem-limited bacteria in citrus from Argentina with symptoms of citrus (Abstract)»; *Phytopathology* (81); pp. 1210.
- CASTRO, L. A. S. (2010): «Protocolo para diagnóstico de escaldadura das folhas da ameixeira»; *Documento* (324). Brasil. Embrapa Clima Temperado.
- CASTRO, L. A. S. y MADAIL, J. C. M. (2011): *Ameixa: pólos de produção*. Agência Embrapa de informação tecnológica. www.agencia.cnptia.embrapa.br. Acceso en 29/04/2017.
- CASTRO, L. A. S.; NAKASU, B. H. y PEREIRA, J. F. M. (2008): «Ameixeira: histórico e perspectivas do cultivo»; *Circular técnica* (70). Brasil, Embrapa Clima Temperado.
- CECAFÉ - CONSELHO DE EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. «RELATÓRIO MENSAL, MARÇO DE 2017»; disponible en <https://www.slideshare.net/lui-zvaleriano/cecafe-relatrio-mensal-mar-2017>. Acceso en 02/03/2017.
- CHANG, C. J.; GARNIER, M.; ZREIK, L.; ROSSETTI, V. y BOVÉ, J. M. (1993): «Culture and serological detection of the xylem-limited bacterium causing citrus variegated chlorosis and its identification as a strain of *Xylella fastidiosa*»; *Curr. Microbiol.* (27); pp. 137-142.
- COLETTA, F. H. D. y MACHADO, M. A. (2003): «Geographical genetic structure of *Xylella fastidiosa* from citrus in São Paulo state, Brazil»; *Phytopathology* (93); pp. 28-34.
- COLETTA-FILHO, H. D.; TARGON, M. L. P. N.; TAKITA, M. A.; DE NEGRI, J. D.; POMPEU JÚNIOR, J.; MACHADO, M. A.; DO AMARAL, A. M. y MULLER, G. W. (2004): «First report of the causal agente of huanglongbing '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' in Brazil»; *Plant Dis.* (88); pp. 1382.

- COLETTA-FILHO, H. D.; FRANCISCO, C. S.; LOPES, J. R. S.; DE OLIVEIRA, A. F. y DA SILVA, L. F. O. (2016): «First report of olive leaf scorch in Brazil, associated with *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca*»; *Phytopathol. Mediterran.* (55); pp. 130-135.
- DALBÓ, M. A.; KLABUNDE, G. H. F.; NODARI, R. O.; FERNANDES, D. y BASSO, M. F. (2010): «Evolution of the response of segregation populations of plums and the association with microsatellite markers of leaf scald»; *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* (10); pp. 337-344.
- DECISION (EU) 2015/789. Decisión de Ejecución (UE) 2015/789 de la Comisión de 18 Mayo de 2015 sobre medidas para evitar la introducción y propagación dentro de la Unión de *Xylella fastidiosa* (Wells *et al.*) [notificada con el número C(2015) 3415].
- DIRECTIVA 2000/29/CE del Consejo de 8 de mayo de 2000 relativa a las medidas de protección contra la introducción en la Comunidad de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales y contra su propagación en el interior de la Comunidad. (DO L 169 de 10.7.2000, p. 1).
- DUCROQUET, J. P. H. J.; ANDRADE, E. R. y HICKEL, E. R. (2001): «A escaldadura das folhas da ameixeira em Santa Catarina»; *Boletín Técnico* (180). Brasil, EPAGRI. Florianópolis.
- EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (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* 2015; 13(1); pp. 262. doi: 10.2903/j.efsa.2015.3989.
- EIDAM, T.; PAVANELLO, A. P. y AYUB, R. A. (2012): «A ameixeira no Brasil»; *Rev. Brasil. Fruticult.* (34); pp. 001-319.
- EPPO (EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION) (2012): «*Xylella fastidiosa* detected in a containment facility in France»; *EPPO Reporting Service* (8); pp. 2012/165.
- FERNANDEZ-VALIELA, M. V. y BAKARCIC, M. (1954): «Nuevas enfermedades del ciruelo en el delta del Paraná, Argentina»; *Informativo Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária* (84); pp. 2-6.
- FRENCH, W. J. y KITAJIMA, E.W. (1978): «Ocurrence of plum leaf scald in Brazil and Paraguay»; *Plant Dis. Rep.* (62); pp. 1035-1038.

- GARCÍA, A. L.; TORRES, S. C. Z.; HEREDIA, M. y LOPES, S. A. (2012): «Citrus responses to *Xylella fastidiosa* infection»; *Plant Dis.* (96); pp. 1245-1249.
- GARDNER, M. W. y HEWITT, W. B. (1974): *Pierce's Disease of Grapevine: The Anaheim Disease and the California Vine Disease*. Berkeley, University of California Press.
- GOHEEN, A. C. y HOPKINS, D. L. (2007): «Enfermedad de Pierce»; en *Plagas y Enfermedades de la vid*. Madrid, The American Phytopathological Society. Mundi-Prensa; pp. 44-45.
- GRAVENA, S.; LOPES, J. R. S.; PAIVA, P. E. B.; YAMAMOTO, P. T. y ROBERTO, S. R. (1998): «The *Xylella fastidiosa* vectors»; en Donadio, L. C. y Moreira, C. S. *Citrus Variegated Chlorosis*. Brasil, Bebedouro; pp. 36-53.
- HAELTERMAN, R. M.; TOLOCKA, P. A.; ROCA, M. E.; GUZMÁN, F. A.; FERNÁNDEZ, F. D. y OTERO, M. L. (2015): «First presumptive diagnosis of *Xylella fastidiosa* causing olive scorch in Argentina»; *J. Plant Pathol.* (97); pp. 393.
- HARTUNG, J. S.; BERETTA, J.; BRLANSKY, R. H.; SPISSO, J. y LEE, R. (1994): «Citrus variegated chlorosis bacterium: axenic culture, pathogenicity, and serological relationships with other strains of *Xylella fastidiosa*»; *Phytopathology* (84); pp. 591-597.
- HOPKINS, D. L. y ADLERZ, W. C. (1988): «Natural hosts of *Xylella fastidiosa* in Florida»; *Plant Dis.* (72); pp. 429-431.
- JANSE, J. D. y OBRADOVIC, A. (2010): «*Xylella fastidiosa*: Its biology, diagnosis, control and risks»; *J. Plant Pathol.* (92), sup. 1; pp. 35-48.
- KANDEL, P. P.; ALMEIDA, R. P. P.; COBINE, P. A. y DE LA FUENTE, L. (2017): «Natural Competence rates are variable among *Xylella fastidiosa* strains and homologous recombination occurs in vitro between subspecies *fastidiosa* and *multiplex*»; *Molecular Plant-Microbe Interactions* (30); pp. 589-600.
- KRÜGNER, R.; LOPES, M. T. V. C.; SANTOS, J. S.; BERETTA, M. J. G. y LOPES, J. R. S. (1998): «Transmission efficiency of *Xylella fastidiosa* by sharpshooters and identification of two new vector species»; *Proc. Conf. Int. Org. Citrus Virol.* 14th. Brasil; pp. 81.
- LARANJEIRA, F. F. y PALAZZO, D. (1999): «Danos qualitativos à produção de laranja 'Natal' causados pela clorose variegada dos citros»; *Laranja* (20); pp. 77-91.

- LARANJEIRA, F. F.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. y LOPES, J. R. S. (2003): «Comportamento sazonal da clorose variegada dos citros em três regiões do Estado de São Paulo»; *Fitopatol.* 28. Brasil; pp. 633-641.
- LARANJEIRA, F. F.; POMPEU JUNIOR, J.; HARAKAVA, R.; FIGUEIREDO, J. O.; CARVALHO, S. A. y COLETTA FILHO, H. D. (1998): «Cultivares e espécies cítricas hospedeiras de *Xylella fastidiosa* em condições de campo»; *Fitopatol.* 23. Brasil; pp. 47-154.
- LEGENDRE, B. S.; MISSISSIPI, S.; OLIVER, V.; MOREL, E.; CROUZILLAT, D.; DURAND, K.; PORTIER, P.; POLIAKOFF, F. y JACQUES, M. A. (2014): «Identification and characterisation of *Xylella fastidiosa* isolated from *Coffea* plants in France»; *Proceedings of the International Symposium on the European outbreak of 'Xylella fastidiosa' in olive* 21-24 de octubre de 2014. Italia, Gallipoli-Locorotondo; pp. 27-28.
- LEGENDRE, B.; MISSISSIPI, S.; OLIVER, V.; MOREL, E.; CROUZILLAT, D.; DURAND, K.; PORTIER, P.; POLIAKOFF, F. y JACQUES, M. A. (2014): «Identification and characterisation of *Xylella fastidiosa* isolated from coffee plants in France»; *Journal of Plant Pathology* 96; pp. S4.100.
- LOCONSOLE, G.; BOSCIA, D.; PALMISANO, F.; SAVINO, V.; POTERE, O.; MARTELLI, G. P. y SAPONARI, M. (2014): «A *Xylella fastidiosa* strain with unique biology and phylogeny is associated with a severe disease of olive in Southern Apulia»; *Journal of Plant Pathology* 96; pp. S4.38.
- LOCONSOLE, G.; SAPONARI, M.; BOSCIA, D.; D'ATTOMA, G.; MORELLI, M.; MARTELLI, G. P. y ALMEIDA, R. P. P. (2014): «Intercepted isolates of *Xylella fastidiosa* in Europe reveal novel genetic diversity. Eur.»; *J. Plant Pathol.* (146); pp. 85-94.
- LOPES, J. R. S. y GIUSTOLIN, T. A. (2000): «Outros hospedeiros de cigarrinhas»; *Revista do Fundecitrus* (79); pp.14.
- LOPES, S. A.; MARCUSSI, S.; TORRES, S. C. Z.; SOUZA, V.; FAGAN, C.; FRANÇA, S. C.; FERNANDES, N. G. y LOPES, J. R. S. (2003): «Weeds as alternative hosts of the citrus, coffee, and plum strains of *Xylella fastidiosa* in Brazil»; *Plant Dis.* (87); pp. 544-549.
- LOPES, S. A.; LARANJEIRA, F. F.; AMORIM, L. y BERGAMIN FILHO, A. (2004): «Clorose variegada: perdas anuais de US\$ 100 milhões»; *Visão Agrícola* (1); pp. 20-23.

- MADAIL, J. C. M.; BELARMINO, L. C. y NEUTZLING, D. M. (2007): «Custo de produção da ameixa, um caso da Serra Gaúcha»; *Comunicado Técnico* (157); Brasil, Pelotas, Embrapa Clima Temperado.
- MALAVOLTA JÚNIOR, V. A.; BERIAM, L. O. S.; ALMEIDA, I. M. G.; RODRIGUES NETO, J. y ROBBS, C. F. (2008): «Bactérias fitopatogênicas assinaladas no Brasil: uma atualização»; *Summa Phytopathologica* (34); pp. 1-88.
- MIRANDA, M. P. (2008): «Caracterização do comportamento alimentar de *Bucephalogonia xanthophis* (Berg) (Hemiptera: Cicadellidae) em citros e suas implicações na transmissão de *Xylella fastidiosa*»; *Tesis doctoral*. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; pp. 87.
- MÜLLER, C. (2013): «*Xylella fastidiosa* da ameixeira: transmissão por cigarrinhas (Hemiptera: Cicadellidae) e colonização de plantas hospedeiras»; *Tesis doctoral*. Brasil, Universidade de São Paulo. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- NUNNEY, L.; YUAN, X.; BROMLEY, R. E. y STOUTHAMER, R. (2012): «Detecting genetic introgression: high levels of intersubspecific recombination found in *Xylella fastidiosa* in Brazil»; *Appl. Environ. Microbiol.* (78); pp. 4702-4714.
- NUNNEY, L.; SCHUENZEL, E. L.; SCALLY, M.; BROMLEY, R. E. y STOUTHAMER, R. (2014): «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.
- OLMO, D.; NIETO, A.; ADROVER, F.; URBANO, A.; BEIDAS, O.; JUAN, A.; MARCO-NOALES, E.; LÓPEZ, M. M.; NAVARRO, I.; MONTERDE, A.; MONTES-BORREGO, M.; NAVAS-CORTÉS, J. A. y LANDA, B. B. (2017): «First detection of *Xylella fastidiosa* infecting cherry (*Prunus avium*) and *Polygala myrtifolia* plants in Mallorca Island, Spain»; *Plant Dis.* (101); pp. 1820.
- PARADELA FILHO, O.; SUGIMORI, M. H.; RIBEIRO, I. J. A.; GARCIA JÚNIOR, A.; BERETTA, M. J. G.; HARAKAVA, R.; MACHADO, M. A.; LARANJEIRA, F. F.; RODRIGUES NETO, J. y BERIAM, L. O. S. (1997): «Constatação de *Xylella fastidiosa* em cafeeiro no Brasil»; *Summa Phytopathol.* (23); pp. 46-49.
- PRADO, S. S.; LOPES, J. R. S.; DEMÉTRIO, C. G. B.; BORGATTO, A. F. y ALMEIDA, R. P. P. (2008): «Host colonization differences between citrus and coffee isolates of *Xylella fastidiosa* in reciprocal inoculation»; *Sci. Agric.* (65); pp. 251-258.

- PURCELL, A. H. (2014): «Historical perspectives on *Xylella fastidiosa* and their relevance for the future»; *Proceedings International Symposium on the European outbreak of 'Xylella fastidiosa' in olive* 21-24 de octubre de 2014. Italia, Locorotondo, Gallipoli; pp. 19-21.
- QUEIRÓZ-VOLTAN, R. B. y PARADELA FILHO, O. (1999): «Caracterização de estruturas anatômicas de citros infectados com *Xylella fastidiosa*»; *Laranja* (20); pp. 55-76.
- QUEIRÓZ-VOLTAN, R. B.; CABRAL, L. R.; PARADELA FILHO, O. y FAZUOLI, L. C. (2007): «Efeito da poda do tipo decote no controle de *Xylella fastidiosa* em cultivares de cafeeiro»; *Bragantia* (66); pp. 69-80.
- QUEIRÓZ-VOLTAN, R. B.; PARADELA FILHO, O.; CARELLI, M. L. C. y FAHL, J. I. (1998): «Aspectos estruturais de cafeeiro infectado com *Xylella fastidiosa*»; *Bragantia* (57); pp. 23-33.
- REDAK, R. A.; PURCELL, A. H.; LOPES, J. R. S.; BLUA, M. J.; MIZEL III, R. F. y ANDERSEN, P. C. (2004): «The biology of xylem fluid-feeding insect vectors of *Xylella fastidiosa* and their relation to disease epidemiology»; *Annu. Rev. Entomol.* (49); pp. 243-270.
- ROBERTO, S. R.; COUTINHO, A.; LIMA, J. E. O.; MIRANDA, V. S. y CARLOS, E. F. (1996): «Transmissão de *Xylella fastidiosa* pelas cigarrinhas *Dilobopterus costalimai*, *Acrogonia terminalis* e *Oncometopia facialis* em citros»; *Fitopatol. Brasil* (21); pp. 517-518.
- ROCHA, J. G.; ZAMBOLIM, F.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M.; BERGAMIN FILHO, A.; JESUS JÚNIOR, W. C. y HAU, B. (2006): «Quantificação dos danos causados por *Xylella fastidiosa* em cafeeiro»; *Summa Phytopathologica* (32 S); pp. 90-91.
- RODAS, V. Z. (1994): «Convivência com a clorose variegada dos citros»; *Laranja* (15); pp. 129-133.
- ROSSETI, V.; GARNIER, M.; BOVÉ, J. M.; BERETTA, M. J. G.; TEIXEIRA, A. R.; QUAGGIO, J. A. y DE NEGRI, J. D. (1990): «Présence de bactéries dans le xylème d'orangers atteints de chlorose variégée, une nouvelle maladie des agrumes au Brésil»; *C. R. Acad. Sci. Paris Ser. III* (310); pp. 345-349..
- SAPONARI, M.; BOSCIA, D.; NIGRO, F. y MARTELLI, G.P. (2013): «Identification of DNA sequences related to *Xylella fastidiosa* in oleander, almond and olive trees exhibiting leaf scorch symptoms in Apulia (southern Italy)»; *J. Plant Pathol.* (95); pp. 668.

- SAPONARI, M.; LOCONSOLE, G.; CORNARA, D.; YOKOMI, R. K.; DE STRADIS, A.; BOSCIA, D.; BOSCO, D.; MARTELLI, G. P.; KRUGNER, R. y PORCELLI, F. (2014): «Infectivity and transmission of *Xylella fastidiosa* by *Philaenus spumarius* (Hemiptera: Aphrophoridae) in Apulia, Italy»; *J. Econ. Entomol.* (107), pp. 1316-1319.
- SARDARO, R.; ACCIANI, C.; DE GENNARO, B. C.; FUCILLI, V. y ROSELLI, L. (2015): «Economic and landscape impact assessment of the disease caused by *Xylella fastidiosa* to olive growing in the Salento area (southern Italy)»; en CASTELLINI, A. y DEVENUTO, L., eds.: *Il Danno. Elementi Giuridici, Urbanistici e Economico-Estimativi*. Italia, Mantova, Universitas Studiorum; pp. 345-372.
- SCARDELATO, D. A. (2013): «Adequação do volume de calda no controle de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) em pomar de laranja, no município de Colômbia, SP»; Dissertação de Mestrado, MasterCitrus, Fundecitrus, Araraquara; pp. 29. Disponible en <http://www.fundecitrus.com.br/mestrado/dissertacoes/diaphorina-citri/24#dissertacoes>.
- SCHNEIDER, N. A. y AZEVEDO FILHO, W. S. (2014): «Epidemiologia da escaladadura das folhas da ameixeira»; *Caderno de Pesquisa, Série Biologia* (26); pp. 25-40.
- SU, C. C.; DENG, W. L.; JAN, F. J.; CHANG, C. J.; HUANG, H.; SHIH, H. T. y CHEN, J. (2016): «*Xylella taiwanensis* sp. nov., causing pear leaf scorch disease. Int.»; *J. Syst. Evol. Microbiol.* 66(11); pp. 4766-4771. doi: 10.1099/jsem.0.001426.
- TEIXEIRA, D. C.; DANE, J. L.; EVEILLARD, S.; MARTINS, E. C.; JESUS JÚNIOR, W. C.; YAMAMOTO, P. T.; LOPES, S. A.; BASSANEZI, R. B.; AYRES, A. J.; SAILLARD, C. y BOVÉ, J. M. (2005): «Citrus huanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the «*Candidatus*» Liberibacter species associated with the disease»; *Mol. Cel. Probes* (19); pp. 173-179.
- TUMBER, K. P.; ALSTON, J. M.; FULLER, K. B. y LAPSLEY, J. T. (2012): «The costs of Pierce's Disease in the California grape and wine Industry»; *Draft Working Paper*. California Davis, The University of California at Davis, Department of Agricultural and Resource Economics.
- YAMAMOTO, P. T. (2008): «Controle de insetos vetores de bactérias causadoras em doenças dos citros»; en *Manejo integrado de pragas dos citros*. Brasil, Araraquara, SP. Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus); pp. 237-260.

- YAMAMOTO, P. T.; DALLA PRIA JÚNIOR, W.; ROBERTO, S. R.; FELLIPE, M. R. y FREITAS, E. P. (2001): «Flutuação populacional de cigarrinhas (Hemiptera: Cicadellidae) em pomar cítrico em formação»; *Neotrop. Entomol.* (30); pp. 175-177.
- YORINORI, M. A.; RIBAS, A. F. *et al.* (2000): «Presença de *Xylella fastidiosa* em sementes e mudas de cafeeiro»; En *Simpósio Brasileiro de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. Brasil, Belo Horizonte, Embrapa Café. pp. 294-297.