

# Análisis de riesgos

*Antonio Vicent*

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (España, Valencia, Moncada)

## 1. Conceptos sobre análisis de riesgos de patógenos vegetales

El glosario de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) define el término introducción como la entrada de un patógeno en una zona que resulta en su establecimiento. A su vez, la entrada se define como el movimiento de un patógeno hacia el interior de un área donde todavía no está presente, o si está presente, no está ampliamente distribuido y se encuentra bajo control oficial. El establecimiento del patógeno implica su perpetuación, para el futuro previsible, dentro del área después de su entrada. Una vez completada la introducción (entrada + establecimiento), el patógeno pasaría a la fase de dispersión, que supone la expansión de su distribución geográfica dentro del área (CIPF, 2017).

Un patógeno se considera cuarentenario cuando es capaz de completar todas estas fases (introducción + dispersión) y causar un daño económico importante en el área para la cual se realiza el análisis de riesgos (CIPF, 2017). Un concepto importante a tener en cuenta es que la CIPF y la legislación fitosanitaria en general, lo que regulan es el patógeno en sí mismo, no la enfermedad que causa, que precisa de la concurrencia de condiciones ambientales favorables y hospedantes susceptibles. En el análisis de riesgos, estos dos factores, condiciones ambientales y hospedantes, se analizan como determinantes del establecimiento, dispersión e impacto del patógeno.

Analizar el riesgo que supone para una región la introducción y dispersión de un organismo fitopatógeno es siempre una tarea complicada. Desde el punto de vista científico, aunque los procedimientos analíticos y las bases de datos han mejorado notablemente, hoy por hoy sigue siendo difícil predecir el comportamiento de los patógenos tras su entrada en una nueva zona. La CIPF publicó en 1995 la Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias (NIMF) n.º 2, donde se establecía el marco para el análisis de riesgo de plagas

(patógenos) (CIPE, 1995). Posteriormente se publicó la NIMF n.º 11, que incluye un protocolo detallado para la realización de análisis de riesgos para patógenos cuarentenarios (CIPE, 2001). Por otra parte, la Organización Europea y Mediterránea para la Protección de las Plantas (EPPO) ha desarrollado también un protocolo que recoge diversas normativas publicadas por esta misma organización desde 1993 y que sigue los criterios establecidos por la CIPE (EPPO, 2000). Actualmente, este protocolo está implementado en el sistema informático CAPRA (*Computer Assisted Pest Risk Analysis*), desarrollado en el marco del proyecto europeo PRATIQUE. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) dispone también de su propio protocolo, basado en los citados anteriormente, y que es el procedimiento estándar de la Comisión Europea en sus análisis de riesgos de organismos nocivos para los vegetales (EFSA PLH Panel, 2010).

En la primera fase de estos protocolos se describen los datos relativos al patógeno, el cultivo y la zona geográfica objeto del estudio. En la segunda fase se realiza un análisis de riesgos, donde se valoran las vías potenciales de entrada, las posibilidades de establecimiento y dispersión, así como el impacto resultante. Este análisis puede realizarse tanto de forma cualitativa, respondiendo a cuestionarios con respuestas sí/no, como cuantitativa, empleando por ejemplo escalas ordinales. La EFSA publicó en 2015 un análisis de riesgos muy detallado sobre *Xylella fastidiosa* (EFSA PLH Panel, 2015), que seguiremos como referencia en el presente capítulo.

## 2. Posibles vías de entrada de la bacteria

### 2.1. Semillas y frutos

Aunque se ha demostrado la presencia del ADN de *X. fastidiosa* en semillas de naranja (Li *et al.*, 2003), estudios posteriores indican que la bacteria no se transmite mediante las semillas de esta especie de cítricos (Coletta-Filho *et al.*, 2014; Cordeiro *et al.*, 2014; Hartung *et al.*, 2014). No obstante, existe una elevada incertidumbre asociada a esta posible vía de entrada, ya que estos estudios se han realizado únicamente con semillas de naranja y se sabe que la bacteria puede infectar a más de 360 especies de plantas.

De la misma forma, se ha detectado ADN de *X. fastidiosa* en frutos de naranja, pero no hay evidencias de que puedan transmitir la bacteria. Se ha evaluado también el riesgo de transmisión de la bacteria mediante racimos de

uva. Al parecer, los vectores cicadédilos no hacen puestas sobre estos racimos y la concentración de la bacteria en ellos es también muy baja. Experimentos realizados con los vectores *Graphocephala atropunctata* y *Draeculacephala minerva* demostraron que estos insectos no eran capaces de transmitir la enfermedad de Pierce cuando se alimentaban únicamente de racimos de uva. Por otra parte, la conservación frigorífica de los racimos durante su transporte y distribución afectaría negativamente a la supervivencia y viabilidad de la bacteria (Purcell y Saunders, 1995). En general la entrada en nuevas zonas de *X. fastidiosa* con semillas o frutos se considera poco probable, aunque realmente existen muy pocos estudios al respecto.

## 2.2. Flor cortada y madera

El transporte de flor cortada se realiza a bajas temperaturas, aunque durante períodos relativamente cortos que no afectarían a la viabilidad de *X. fastidiosa*. Se ha demostrado experimentalmente que el insecto vector *Homalodisca vitripennis* puede adquirir la bacteria de tallos de crisantemo inoculados artificialmente (Bextine y Miller, 2005). No obstante, las características de este experimento no son extrapolables a las condiciones reales. Además, la flor cortada no es especialmente atractiva para los vectores, que se alimentan de la savia del xilema.

No hay ningún estudio que demuestre que los vectores puedan adquirir la bacteria de la madera cortada. En general, la entrada de *X. fastidiosa* mediante flor cortada o madera se considera poco probable aunque, como en el caso anterior, hay muy pocos estudios realizados al respecto.

## 2.3. Material vegetal de plantación o con fines de investigación

La importación de plantas está considerada como la vía de entrada más importante de *X. fastidiosa*. Actualmente hay reconocidas más de 360 especies de plantas hospedantes (DG SANTE, 2017) y en muchas de ellas la bacteria desarrolla infecciones asintomáticas, muy difíciles de detectar en las inspecciones visuales que realizan los puntos de control en frontera. Por otra parte, como se describe con más detalle en el siguiente apartado, las plantas pueden transportar también insectos vectores exóticos, como parece fue el caso de la entrada de *H. vitripennis* en la Polinesia Francesa con importaciones de plantas ornamentales (Grandgirard *et al.*, 2006; Petit *et al.*, 2008).

La información proporcionada por siete Estados miembros de la UE para el período 2000-2007, indica que se importaron más de 150 millones de plantas de la lista de hospedantes de *X. fastidiosa* procedentes de terceros países (EFSA PLH Panel, 2015). Estos datos son ilustrativos de la magnitud e importancia de las plantas hospedantes de la bacteria como vía de entrada de *X. fastidiosa* en una nueva zona. En la Tabla 1 se detallan los datos de estas importaciones de material vegetal procedente de algunos países donde está presente *X. fastidiosa*. Se observa que Costa Rica es el principal proveedor de plantas vivas a la UE, con más de 25.000 toneladas anuales para el período 2008-2013.

**Tabla 1. Importaciones anuales en toneladas de material vegetal en la UE procedentes de varios países afectados por *Xylella fastidiosa***

	Argentina	Brasil	Canadá	Costa Rica	México	Turquía	Taiwán	EEUU
Bulbos, tubérculos, raíces, cormos y rizomas	0,1	5.289,9	20,8	161,9	3,2	265,5	882,7	425,6
Esquejes e injertos	0,4	180,9	0,9	1.789,8	20,7	56,3	1.025	26
Árboles y arbustos de frutos comestibles	32,9	0,2	5,7	19,1	59,3	189,6	4,6	134
Plantas vivas	579,7	336,6	8,4	25.811,4	454,2	1.022,7	1.320,8	2.814

Fuente: Datos de EUROSTAT para siete Estados miembros de la UE, los valores son el promedio anual para el período 2008-2013 (EFSA PLH Panel, 2015).

No se dispone de datos desagregados por especies vegetales de estas importaciones, pero teniendo en cuenta el amplio rango de hospedantes de *X. fastidiosa*, seguramente muchas de estas plantas vivas corresponden a especies susceptibles. Las recientes detecciones de plantas infectadas por *X. fastidiosa* en las inspecciones fronterizas de la UE, son indicativas de la alta probabilidad de asociación del patógeno con esta vía de entrada (EFSA PLH Panel, 2015).

En general, el transporte, almacenaje y distribución de las plantas vivas suele realizarse a temperatura ambiente, por lo que no afectaría sustancial-

mente a la supervivencia y viabilidad de *X. fastidiosa*. En el caso de las plantas de vid en parada vegetativa invernal, sin hojas, el transporte y almacenaje se realiza a baja temperatura. No obstante, se ha demostrado que *X. fastidiosa* se mantiene viable en las plantas de vid almacenadas a 4 °C durante el invierno (Feil, 2001). Por otra parte, se ha demostrado que los tratamientos de plantas de vid mediante termoterapia con agua caliente (50 °C, 20 min; 45 °C, 180 min) son capaces de eliminar la bacteria (Goheen *et al.*, 1973), pero actualmente esta práctica tiene un uso todavía muy limitado.

Como ya se ha indicado, las inspecciones visuales de las plantas importadas realizadas en los puntos fronterizos tienen una eficacia limitada. En muchos casos las infecciones de *X. fastidiosa* son asintomáticas. Además, los síntomas causados por *X. fastidiosa* son en general inespecíficos y pueden confundirse fácilmente con estrés hídrico o la propia senescencia natural de la planta. Lógicamente, la inspección visual de plantas en parada vegetativa, sin hojas, es completamente ineficaz.

Una de las características que determinan que el material de plantación sea la principal vía de entrada de *X. fastidiosa*, y de la mayoría de enfermedades en general, es que su destino final suelen ser los campos de cultivo, jardines o el medio natural. En estas condiciones, las plantas infectadas entran fácilmente en contacto con los hospedantes potenciales presentes en la zona. Los insectos vectores nativos del área, o importados junto con el material vegetal, serían los encargados de realizar la transmisión de la bacteria desde la planta importada a la vegetación de la zona, iniciando así el proceso de establecimiento. El amplio rango de plantas hospedantes de *X. fastidiosa* y la diversidad de insectos vectores facilitarían enormemente este proceso.

La importación en la UE de plantas y material vegetal propagativo con fines de investigación, selección o mejora genética se regulan específicamente por la Directiva 2008/61/CE, que establece unas derogaciones específicas a la Directiva 2000/29/CE. Esta vía de entrada es difícil de controlar, ya que implica una amplia gama de especies vegetales hospedantes y gran diversidad de orígenes geográficos. Las plantas con fines de investigación, requieren permisos oficiales específicos para cada importación, pero se importan en muy pequeñas cantidades y es difícil aplicar tamaños de muestra adecuados, lo que afecta negativamente a la fiabilidad de los análisis, si es que se realizan. Algunos hospedantes, como los cítricos y la vid, están regulados específicamente y los materiales importados deben pasar por un estricto proceso de cuarentena en condiciones confinadas y posterior análisis en laboratorio. Sin embargo,

otras especies no están reguladas a ese nivel y los análisis de laboratorio no son obligatorios. Por ejemplo, *X. fastidiosa* se introdujo en Francia con plantas de café importadas con fines de mejora. En este caso, la importancia de esta vía de entrada se considera similar a la de las plantas importadas destinadas a la plantación. No obstante, faltarían los datos de las importaciones de plantas con fines de investigación en el caso de que se realicen de forma irregular, fuera del control oficial.

#### 2.4. Insectos vectores

Una vez adquieren la bacteria, los insectos vectores adultos pueden transmitirla durante todo su período de vida, como se detalla en el Capítulo 4, ya que *X. fastidiosa* se multiplica y persiste en su intestino anterior (Almeida *et al.*, 2005). Las ninfas pueden ser también portadoras de la bacteria, pero la pierden posteriormente durante la muda. 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. En general, la mayor parte de la información disponible sobre los vectores de *X. fastidiosa* es de *H. vitripennis*, que está considerada como la especie con mayor potencial invasivo (Grandgirard *et al.*, 2006). La extrapolación de esta información de *H. vitripennis* a otras especies de insectos vectores potenciales de *X. fastidiosa*, presenta serias limitaciones.

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. El riesgo de introducir *X. fastidiosa* con los vectores adheridos a las plantas se reduciría produciéndolas bajo malla y tratándolas con insecticidas antes de su exportación. No obstante, se han detectado individuos vivos de *H. vitripennis* incluso después de aplicaciones de bromuro de metilo (Grandgirard *et al.*, 2006).

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). Estos resultados indican que las condiciones de conservación frigorífica, habituales por ejemplo en el transporte y

almacenaje de plantas de vid en parada vegetativa invernal, serían poco favorables para el vector. Sin embargo, las condiciones de temperatura ambiente habituales durante el transporte y almacenaje de plantas vivas con hojas sí que permitirían su supervivencia.

Una vez han entrado en una nueva zona, los adultos infecciosos pueden transmitir la bacteria a las plantas colindantes. Estudios realizados con varias especies de *Homalodisca* indican que su radio de vuelo es de aproximadamente 100 m (Blackmer *et al.*, 2004; Coviella *et al.*, 2006). La polifagia de los insectos vectores y el amplio rango de plantas hospedantes de *X. fastidiosa* aumentan la probabilidad de una transmisión efectiva del patógeno.

Se han detectado también individuos de *H. vitripennis* como ‘polizones’ en el interior de aviones, contenedores y hangares (Grandgirard *et al.*, 2006). En Italia, se han detectado adultos de *Philaenus spumarius* en el interior de los vehículos procedentes de zonas afectadas. En ausencia de una planta como fuente de alimento, *H. vitripennis* puede sobrevivir hasta 16 días a 13 °C (Son *et al.*, 2009). Los estudios realizados con *H. vitripennis* en la Polinesia Francesa sugieren que los insectos ‘polizones’ no serían la principal vía de entrada del vector, ya que curiosamente las zonas cercanas a los aeropuertos son las que presentan sus menores niveles poblacionales (Petit *et al.*, 2008). No obstante, estos resultados podrían estar afectados por otros factores como la densidad y composición de la vegetación o las interacciones con otras especies de artrópodos.

### 3. Riesgo de establecimiento

La especie *X. fastidiosa* se ha citado en más de 360 especies de plantas pertenecientes a 75 familias botánicas (DG SANTE, 2017). Considerando el contexto agrícola, España es el Estado miembro de la UE con mayor superficie cultivada de olivo (2.515.800 ha), vid (931.065 ha), almendro (527.058 ha) y cítricos (300.838 ha) (FAO, 2017). Estas y otras muchas especies de interés agrícola son hospedantes de *X. fastidiosa*, con susceptibilidad variable en función de la subespecie y el tipo genético concreto de la bacteria. A esto habría añadir un gran número de especies vegetales hospedantes presentes en masas forestales, espacios verdes urbanos, así como vegetación asociada a infraestructuras civiles. En este sentido, es importante recordar que la detección de *X. fastidiosa* en una especie vegetal no implica necesariamente que desarrolle enfermedad sobre ella. Este es un aspecto clave a la hora de evaluar

su impacto. La Comisión Europea mantiene una lista completa y actualizada de plantas hospedantes para las diferentes subespecies de *X. fastidiosa* (DG SANTE, 2017).

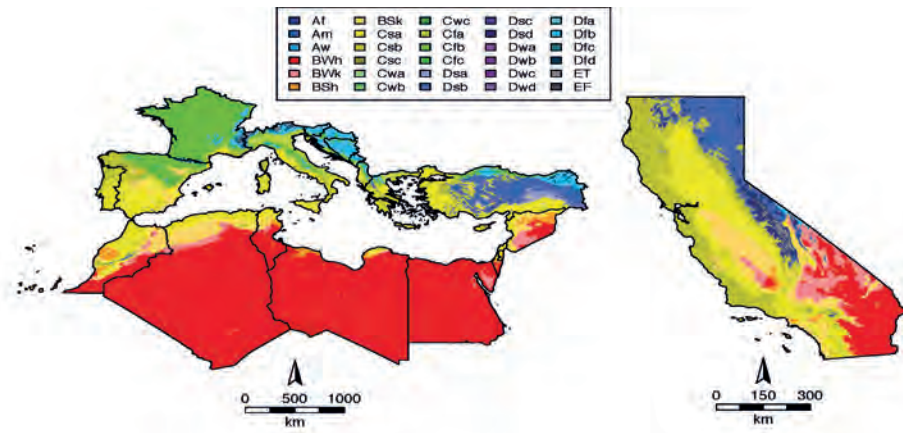
Por otra parte, en la UE se han descrito varias especies de cercópodos, cicadélidos y cicadas, vectores potenciales de *X. fastidiosa*, incluyendo a *P. spumarius*. (Purcell, 1980; Saponari *et al.*, 2014). No obstante, salvo algunos estudios concretos, en general los datos sobre su abundancia son todavía limitados. Se han descrito algunas especies de parasitoides y depredadores de los vectores potenciales de *X. fastidiosa* en la UE. Aunque se considera que estos enemigos naturales podrían reducir las poblaciones de los vectores, difícilmente podrían eliminarlas por completo (Eilenberg *et al.*, 2001).

La especie *X. fastidiosa* se encuentra ampliamente distribuida a nivel mundial, tanto en zonas tropicales y subtropicales, como Brasil y Costa Rica, y otras de clima típicamente mediterráneo como California, sur de Italia, Córcega, la Costa Azul en Francia y ahora también en España en las Islas Baleares y Alicante. Existen citas de *X. fastidiosa* en regiones más frías como Nueva Jersey y Washington DC en EEUU, Ontario, la Columbia Británica, Saskatchewan y Alberta en Canadá (EFSA PLH Panel, 2015). En el Capítulo 3 se describen con más detalle los factores epidemiológicos y climáticos que son determinantes en el establecimiento de *X. fastidiosa*.

La idoneidad climática de la cuenca del Mediterráneo para el establecimiento de *X. fastidiosa* era en cierta forma previsible. Las subespecies *multiplex*, *fastidiosa* y *sandyi* de *X. fastidiosa* están establecidas en California desde hace años. Esta región de EEUU tiene zonas con la misma clasificación climática de Köppen-Geiger (Peel *et al.*, 2007) que algunas áreas del sur de Europa (Figura 1). Además de estas clasificaciones climáticas, se han empleado también otros métodos más elaborados para determinar la distribución geográfica potencial de *X. fastidiosa*, la mayoría en EEUU con la subespecie *fastidiosa* que causa la enfermedad de Pierce de la vid. Feil y Purcell (2001) propusieron el uso de las isotermas de temperaturas mínimas de enero como método para estimar el impacto potencial de la enfermedad de Pierce, siendo grave (4,5 °C), ocasional (1,7 °C) o raro (-1,1 °C). Con algunas modificaciones, esta clasificación ha sido ampliamente utilizada en diferentes países, aunque su extrapolación fuera de EEUU y para otras subespecies de *X. fastidiosa*, no ha sido validada. En el Capítulo 3 se presentan en mayor extensión aspectos relacionados con la idoneidad climática para el desarrollo de epidemias causadas por *X. fastidiosa* en España.



Figura 1. Clasificación climática de Köppen-Geiger según los criterios de Peel *et al.* (2007) para la cuenca del Mediterráneo (izq.) y California, EEUU (der.)



A partir de los datos de Feil y Purcell (2001), Hoddle (2004) empleó el programa CLIMEX para obtener mapas de la distribución geográfica potencial de *X. fastidiosa* y *H. vitripennis*. Aunque muy utilizado en varias disciplinas, este programa presenta serios problemas de replicabilidad. Anas *et al.* (2008) utilizaron como estimadores de la severidad de la enfermedad de Pierce el número de días de invierno por debajo de  $-12,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  o  $-9,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Estos mismos parámetros fueron los que emplearon Engle y Magarey (2008) para obtener el mapa de riesgo de *X. fastidiosa* en EEUU con el sistema NAPPFAST. Recientemente, Bosso *et al.* (2016) han desarrollado mapas de riesgo de *X. fastidiosa* para la cuenca del Mediterráneo con el modelo Maxent, incluyendo también escenarios de cambio climático.

Los umbrales de temperaturas mínimas empleados en los mapas de riesgo están relacionados con el proceso de recuperación que sufren las vides infectadas por *X. fastidiosa* después de los inviernos fríos. Aunque se desconoce su base biológica, este proceso está documentado y contrastado en la costa oeste de EEUU. A medida que aumenta la frecuencia de inviernos fríos, la recuperación de las vides es mayor y la severidad de la enfermedad disminuye (Hopkins y Purcell, 2002). La tasa de recuperación de las cepas es mayor cuando las infecciones de *X. fastidiosa* se producen en verano u otoño respecto a las de primavera. En este sentido, es importante señalar de nuevo que este proceso de recuperación con las bajas temperaturas se ha observado únicamente para

la enfermedad de Pierce de la vid (*X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*), principalmente en California, EEUU. En esta misma zona, pero sobre otras especies vegetales susceptibles como el almendro, el proceso de recuperación invernal es menos evidente (Capítulo 7). De ahí la necesidad de ser extremadamente cautelosos al extrapolar estos umbrales de temperatura invernal a otras regiones geográficas y a otras subespecies de *X. fastidiosa*.

La presencia de *X. fastidiosa* en latitudes mucho más frías, como el norte de EEUU y Canadá, serían a priori contradictorias con el carácter termófilo de la bacteria y el efecto de las bajas temperaturas invernales descrito en la vid. No obstante, hay que tener en cuenta que *X. fastidiosa* podría sobrevivir en las raíces de las plantas, donde quedaría protegida de las bajas temperaturas por el efecto tampón del suelo, especialmente en árboles de gran porte que exploran horizontes del terreno más profundos (Henneberger *et al.*, 2004). Como ya se ha indicado, la presencia de la bacteria en una planta no implica necesariamente el desarrollo de síntomas de la enfermedad. Aparentemente, no se han señalado daños graves causados por *X. fastidiosa* en ninguna de estas zonas tan septentrionales de América, de inviernos rigurosos.

Respecto a la pluviometría, *X. fastidiosa* está distribuida tanto en zonas secas, por ejemplo el sur de California y la cuenca del Mediterráneo, como en zonas muy lluviosas, Brasil y Costa Rica entre ellas. El rango diario de temperatura también es muy variable según las zonas. Aquí es importante señalar que la información sobre la influencia del clima sobre *X. fastidiosa* se ha obtenido principalmente a partir de su distribución geográfica. Además del clima, aquí también tienen un papel clave la presencia de hospedantes susceptibles, para una subespecie o genotipo concreto, así como los factores que limitan la dispersión de patógeno. Por ejemplo, el hecho de que en EEUU y Canadá *X. fastidiosa* subsp. *multiplex* esté presente en zonas más septentrionales que *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* podría deberse a diferencias en su carácter termófilo o también a la propia distribución geográfica de sus hospedantes. Por otra parte, la ausencia del patógeno en una zona no indica necesariamente que el clima no sea favorable, simplemente que no se ha producido todavía una introducción.

En el caso de *X. fastidiosa*, la modelización de su distribución geográfica potencial presenta una dificultad añadida. En distintos casos se ha comprobado que el rango de plantas hospedantes y las características biológicas del patógeno pueden diferir sustancialmente incluso dentro de una misma subespecie, según el genotipo (o ST) que se trate. Por ejemplo, *X. fastidiosa* subsp.

*pauca* no afecta a cítricos en Italia pero en Brasil causa la enfermedad de la clorosis variegada de los cítricos (CVC) (Saponari *et al.*, 2016). Además, se trata de enfermedades transmitidas por vectores, que presentan diferente eficiencia según la especie de insecto y subespecie de *X. fastidiosa*. Por tanto, los modelos deben considerar a la bacteria y sus insectos vectores de forma integral, incluyendo sus interacciones, lo que supone una complejidad notable.

#### 4. Riesgo 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.

La dispersión natural de *X. fastidiosa* parece estar limitada por el radio de vuelo de los insectos vectores, que se ha estimado en unos 100 m para *H. vitripennis* (Blackmer *et al.*, 2004) y una distancia similar en el caso de *Scaphoideus titanus* (Lessio y Alma, 2004). En cambio, los estudios de agregación espacial de la CVC en Brasil sugieren que el principal mecanismo de dispersión de la enfermedad en esa región sería la transmisión entre árboles contiguos (Gottwald *et al.*, 1993; Capítulo 3).

Por otra parte, 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). La dispersión por corrientes de viento de los insectos vectores de *X. fastidiosa* de mayor tamaño, como los cicadélidos y cercópodos, sería más limitada.

Como en la mayoría de las enfermedades vegetales, la densidad y conectividad de las plantas hospedantes en una zona determina enormemente la velocidad de dispersión de *X. fastidiosa*. En general, una alta densidad de plantas hospedantes favorece la dispersión, sobre todo en lo que respecta a la transmisión entre plantas contiguas (Plantegenest *et al.*, 2007)

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. El transporte de plantas vivas como materiales para plantación o como ornamentales es una práctica generalizada. Se considera que el movimiento de material vegetal desde los focos iniciales ha sido el principal factor de dispersión de la CVC en Brasil (Almeida *et al.*, 2014). El prolongado período de incubación característico de la enfermedad y el hecho de que los injertos procedentes de árboles infectados asintomáticos puedan transmitir *X. fastidiosa*, parecen ser los factores clave en el proceso de dispersión de esta enfermedad en Brasil.

La proximidad a las vías de comunicación es uno de los factores que se están estudiando actualmente como posibles determinantes en la dispersión de *X. fastidiosa* en el sur de Italia. Las vías de comunicación marítima también pueden tener un papel importante en la dispersión de la enfermedad. No solo únicamente por el transporte de plantas y mercancías agrícolas, sino también por el flujo de turistas que pueden trasladar plantas con fines ornamentales o para agricultura de recreo. La acción del hombre también puede favorecer el movimiento de los insectos vectores, junto con las propias plantas o como 'polizones' en vehículos de mercancías o pasajeros.

La combinación de la acción humana y natural suele dar lugar a un patrón estratificado de dispersión de la enfermedad. Un primer componente incluiría la dispersión a larga distancia, por ejemplo ligada al transporte de material vegetal infectado, a partir de la cual se establecerían los primeros focos de la enfermedad. A partir de ahí actuarían los mecanismos de dispersión natural, en este caso por acción de los vectores, mediante un proceso de difusión que iría avanzando con velocidad variable según las condiciones climáticas, densidad y susceptibilidad de las plantas hospedantes, y eficiencia de los vectores.

Se han señalado también otros dos posibles mecanismos de dispersión de *X. fastidiosa*, aunque la información científica disponible sobre ellos es inconsistente. Hay un estudio en cítricos que indica la transmisión de *X. fastidiosa* mediante el injerto de raíces, que ocurre de forma natural entre algunas plantas (He *et al.*, 2000). Sin embargo, en un estudio similar *in vivo* no se observaron estos injertos de raíces ni tampoco la transmisión de *X. fastidiosa* (Krell *et al.*, 2007). Este mismo estudio señala también la posibilidad de que *X. fastidiosa* se transmita mediante poda. Sin embargo, esta es una práctica generalizada en todos los cultivos afectados por *X. fastidiosa*, sin que se haya

apreciado que favorezca la dispersión de la enfermedad. De hecho, en Brasil se recomienda la poda como medida de control para la CVC. Aparte del trabajo de Krell *et al.* (2007), no existe ninguna otra referencia que sugiera que *X. fastidiosa* pueda transmitirse mediante poda.

## 5. Conclusiones del análisis de riesgos

A partir de la información expuesta en los apartados anteriores, el análisis de riesgos de *X. fastidiosa* para el territorio de la UE del Panel PH de EFSA (2015) concluye que, bajo las medidas fitosanitarias en vigor en ese momento (Directiva 2000/29/EC), se considera como muy probable la entrada de *X. fastidiosa* con el material vegetal de plantación debido a que: i) se han importado grandes cantidades de plantas procedentes de zonas afectadas; ii) las plantas importadas pueden estar infectadas, ser infecciosas pero asintomáticas; iii) la bacteria puede sobrevivir a las condiciones del transporte y las prácticas de cultivo habituales en las zonas de destino; iv) las plantas importadas pueden entrar fácilmente en contacto con las plantas hospedantes, que ocupan grandes extensiones del territorio de la UE, en presencia de vectores potenciales.

La entrada de *X. fastidiosa* mediante insectos vectores infecciosos se considera como moderadamente probable, debido a que: i) están presentes en los países de donde se ha importado material vegetal; ii) tienen cierta capacidad para sobrevivir a las condiciones del transporte, aunque las prácticas de cultivo habituales en las zonas de destino pueden afectarles negativamente; iii) existen algunas limitaciones para que entren en contacto con las plantas hospedantes.

El establecimiento se considera como muy probable, ya que las especies vegetales hospedantes están ampliamente distribuidas en el territorio de la UE, así como también sus potenciales insectos vectores, que además presentan una gran polifagia. El clima se considera en general favorable para el establecimiento de *X. fastidiosa* en el territorio de la UE, con la salvedad del posible efecto de las bajas temperaturas invernales en la recuperación de las plantas, que podría ser variable según el cultivo y la subespecie de *X. fastidiosa*. No existe ningún enemigo natural conocido de la bacteria y no existen tampoco medidas completamente efectivas para el control de las enfermedades causadas por *X. fastidiosa*.

La dispersión se considera también muy probable, ya que las plantas hospedantes y los vectores potenciales están ampliamente distribuidos. Por otra parte, no es factible bloquear por completo todos los flujos de personas y

mercancías desde las zonas afectadas hacia el resto del territorio de la UE. El confinamiento de los vectores dentro de las zonas afectadas se considera también una operativa poco factible.

Las conclusiones del análisis de riesgos de EFSA PLH Panel (2015) han servido de base para que la Comisión Europea establezca medidas legislativas de mitigación de riesgos sobre *X. fastidiosa*, especificadas en la Decisión de Ejecución (UE) 2015/789. Ahí se definen las especies vegetales reguladas, el establecimiento de zonas demarcadas, las medidas de erradicación y contención, así como también determinadas restricciones al movimiento de plantas dentro de la UE (Capítulo 14). Se indican también las condiciones que deben cumplir las importaciones procedentes de determinados países terceros afectados, que en algunos casos considerados de alto riesgo están prohibidas. Estas medidas legislativas específicas para *X. fastidiosa* van actualizándose permanentemente en función de la nueva información científica disponible.

## Referencias bibliográficas

- ALMEIDA, R. P. P.; BLUA, M. J.; LOPES, J. R. y PURCELL, A. H. (2005): «Vector transmission of *Xylella fastidiosa*: applying fundamental knowledge to generate disease management strategies»; *Ann. Entomol. Soc. Am.* (98); pp. 775-786.
- ALMEIDA, R. P. P.; COLETTA-FILHO, H. D. y LOPES, J. R. S. (2014): «*Xylella fastidiosa*»; en LIU, D., ed.: *Manual of security: sensitive microbes and toxins*. CRC Press, Boca Raton; pp. 841-850.
- ANAS, O.; HARRISON, U.; BRANNEN, P. M. y SUTTON, T. B. (2008): «The effect of warming winter temperatures on the severity of Pierce's disease in the Appalachian mountains and Piedmont of the southeastern United States»; en: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2008/pierces/>.
- BEXTINE, B. y MILLER, T. A. (2005): «Laboratory-based monitoring of an insect-transmitted plant pathogen system»; *BioTechniques* (38); pp. 184-186.
- BLACKMER, J. L.; HAGLER, J. R.; SIMMONS, G. S. y CAÑAS, L. A. (2004): «Comparative dispersal of *Homalodisca coagulata* and *Homalodisca liturata* (Homoptera: Cicadellidae)»; *Environ. Entomol.* (33); pp. 88-99.

- BOSSO, L.; FEBBRARO, M.; CRISTINZIO, G.; ZOINA, A. y RUSSO, D. (2016): «Shedding light on the effects of climate change on the potential distribution of *Xylella fastidiosa*»; *Biol. Invasions* (18); pp. 1759-1768.
- COLETTA-FILHO, H. D.; CARVALHO, S. A. y CARVALHO SILVA, L. F. (2014): «Seven years of negative detection results confirm that *Xylella fastidiosa*, the causal agent of CVC, is not transmitted from seeds to seedlings»; *Eur. J. Plant Pathol.* (139); pp. 593-596.
- CIPE, CONVENCION INTERNACIONAL DE PROTECCION FITOSANITARIA (1995): *Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias NIMF n.º 2. Directrices para el Análisis del Riesgo de Plagas*. Roma, FAO.
- CIPE, CONVENCION INTERNACIONAL DE PROTECCION FITOSANITARIA (2001): *Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias NIMF n.º 11, Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias*. Roma, FAO.
- CIPE, CONVENCION INTERNACIONAL DE PROTECCION FITOSANITARIA (2017): *Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias NIMF n.º 5. Glosario de términos fitosanitarios*. Roma, FAO.
- CORDEIRO, A. B.; SUGAHARA, V. H.; STEIN, B. y LEITE JUNIOR, R. P. (2014): «Evaluation by PCR of *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca* transmission through citrus seeds with special emphasis on lemons (*Citrus lemon* (L.) Burm.f)»; *Crop Prot.* (62); pp. 86-92.
- COVIELLA, C. E.; GARCÍA, J. F.; JESKE, D. R.; REDAK, R. A. y LUCK, R. F. (2006): «Feasibility of tracking within-field movements of *Homalodisca coagulata* (Hemiptera: Cicadellidae) and estimating its densities using fluorescent dusts in mark-release-recapture experiments»; *J. Econ. Entomol.* (99); pp. 1051-1057.
- DG SANTE, DIRECTORATE-GENERAL FOR HEALTH AND FOOD SAFETY, EUROPEAN COMMISSION (2017): «Commission database of host plants found to be susceptible to *Xylella fastidiosa* in the Union territory»; en: [https://ec.europa.eu/food/plant/plant\\_health\\_biosecurity/legislation/emergency\\_measures/xylella-fastidiosa/susceptible\\_en](https://ec.europa.eu/food/plant/plant_health_biosecurity/legislation/emergency_measures/xylella-fastidiosa/susceptible_en)
- EILENBERG, J.; HAJEK, A. y LOMER, C. (2001): «Suggestions for unifying the terminology in biological control»; *BioControl* (46); pp. 387-400.

- ENGLE, J. S. y MAGAREY, R. D. (2008): «Brief weather based pest risk mapping project risk assessment: *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca*, citrus variegated chlorosis»; Raleigh, NC, United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Plant Protection and Quarantine, Center for Plant Health Science and Technology, Plant Epidemiology and Risk Analysis Laboratory (PERAL).
- EFSA PLH PANEL, EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2010): «Guidance on a harmonised framework for pest risk assessment and the identification and evaluation of pest risk management options»; *EFSA J.* (8); pp. 1495.
- EFSA PLH PANEL, EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (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 J.* (13); pp. 3989.
- EPPO, EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION (2000): *EPPO Standards PM5/1-4. Pest Risk Analysis*. París, OEPP/EPPO.
- FEIL, H. y PURCELL, A. H. (2001): «Temperature-dependent growth and survival of *Xylella fastidiosa* in vitro and in potted grapevines»; *Plant Dis. J.* (85); pp. 1230-1234.
- FEIL, H. (2001): «Effects of temperature on the epidemiology of Pierce's disease»; *PhD Dissertation*. EEUU, Berkeley CA, University of California.
- FAO, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2017): «Crop production database FAOSTAT»; en: <http://faostat.fao.org/default.aspx>.
- GOHEEN, A. C.; NYLAND, G. y LOWE, S. K. (1973): «Association of a rickettsia-like organism with Pierce's disease of grapevines and alfalfa dwarf and heat therapy of the disease in grapevines»; *Phytopathology* (63); pp. 341-345.
- GOTTWALD, T. R.; GIDTTI, F. B.; SANTOS, J. M. y CARVALHO, A. C. (1993): «Preliminary spatial and temporal analysis of citrus variegated chlorosis (CVC) in Sao Paulo, Brazil»; en MORENO, P.; DA GRACA, J. V. y Timmer, L. W., eds.: *Proceedings of the 12<sup>th</sup> Conf. Int. Org. Citrus Virol.* EEUU, CA. Eds. Riverside; pp. 327-335.



- GRANDGIRARD, J.; HODDLE, M. S.; RODERICK, G. K.; PETIT, J. N.; PERCY, D.; PUTOA, R.; GARNIER, C. y DAVIES, N. (2006): «Invasion of French Polynesia by the glassy-winged sharpshooter, *Homolodisca coagulata* (Hemiptera: Cicadellidae): A new threat to the South Pacific»; *Pac. Sci.* (60); pp. 429-438.
- HARTUNG, J. S.; NIAN, S.; LOPES, S.; AYRES, A. J. y BRLANSKY, R. (2014): «Lack of evidence for transmission of *Xylella fastidiosa* from infected sweet orange seed»; *J. Plant Pathol.* (96); pp. 497-506.
- HE, C. X.; LI, W. B.; AYRES, A. J.; HARTUNG, J. S.; MIRANDA, V. S. y TEIXEIRA, D. C. (2000): «Distribution of *Xylella fastidiosa* in citrus rootstocks and transmission of citrus variegated chlorosis between sweet orange plants through natural rot grafts»; *Plant Dis.* (84); pp. 622-662.
- HENNEBERGER, T. S. M.; STEVENSON, K. L.; BRITTON, K. O. y CHANG C. J. (2004): «Distribution of *Xylella fastidiosa* in sycamore associated with low temperature and host resistance»; *Plant Dis.* (88); pp. 951-958.
- HODDLE, S. (2004): «The potential adventive geographic range of glassy-winged sharpshooter, *Homolodisca coagulata* and the grape pathogen *Xylella fastidiosa*: implications for California and other grape growing regions of the world»; *Crop Prot.* (23); pp. 691-699.
- HOPKINS, D. y PURCELL, A. (2002): *Xylella fastidiosa*: cause of Pierce's disease of grapevine and other emergent diseases. *Plant Dis.* 86:1056-1066.
- HOY, C. W.; HEADY, S. E. y KOCH, T. A. (1992): «Species composition, phenology, and possible origins of leafhoppers (Cicadellidae) in Ohio vegetable crops»; *J. Econ. Entomol.* (85); pp. 2336-2343.
- KRELL, R. K.; BOYD, E. A.; NAY, J. E.; PARK, Y. L. y PERRING, T. M. (2007): «Mechanical and insect transmission of *Xylella fastidiosa* to *Vitis vinifera*»; *Am. J. Enol. Viticult.* (58); pp. 211-216.
- LESSIO, F. y ALMA, A. (2004): «Seasonal and daily movement of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera: Cicadellidae)»; *Environ. Entomol.* (33); pp. 1689-1694.
- LI, W. B.; PRIA JR, W. D.; LACAVA, P. M.; QIN, X. y HARTUNG, J. S. (2003): «Presence of *Xylella fastidiosa* in sweet orange fruit and seeds and its transmission to seedlings»; *Phytopathology* (93); pp. 953-958.

- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L. y MCMAHON, T. A. (2007): «Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification»; *Hydrol. Earth Syst. Sc.* (11); pp. 1633-1644.
- PETIT, J. N.; HODDLE, M. S.; GRANDGIRARD, J.; RODERICK, G. K. y DAVIES, N. (2008): «Invasion dynamics of the glassy-winged sharpshooter *Homalodisca vitripennis* (Germar) (Hemiptera: Cicadellidae) in French Polynesia»; *Biol. Invasions* (10); pp. 955-967.
- PLANTEGENEST, M.; LE MAY, C. y FABRE, F. (2007): «Landscape epidemiology of plant diseases»; *J. R. Soc. Interface* (4); pp. 963-972.
- PURCELL, A. H. y SAUNDERS, S. R. (1995): «Harvested grape clusters as inoculum for Pierce's disease»; *Plant Dis.* (79); pp. 190-192.
- PURCELL, A. H. (1980): «Almond leaf scorch: leafhopper and spittlebug vectors»; *J. Econ. Entomol.* (73); pp. 834-838.
- SAPONARI, M.; BOSCIA, D.; ALTAMURA, G.; D'ATTOMA, G.; CAVALIERI, V.; ZICCA, S.; MORELLI, M.; TAVANO, D.; LOCONSOLE, G.; SUSCA, L. *et al.* (2016): «Pilot project on *Xylella fastidiosa* to reduce risk assessment uncertainties»; *EFSA Supporting Publications* 13(3).
- SAPONARI, M.; LOCONSOLE, G.; CORNARA, D.; YOKOMI, R. K.; STRADIS, A. D.; BOSCIA, D.; BOSCO, D.; MARTELLI, G. P.; KRUGNER, R. C. 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.
- SON, Y.; GROVES, R. L.; DAANE, K. M.; MORGAN, D. J. W. y JOHNSON, M. W. (2009): «Influence of temperature on *Homalodisca vitripennis* (Hemiptera: Cicadellidae) survival under various feeding conditions»; *Environ. Entomol.* (38); pp. 1485-1495.