

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES
GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



CIENCIAS AMBIENTALES
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

UNIVERSITAS
Miguel Hernández



***Xylella fastidiosa*: problemática actual y
medidas de control**

Trabajo bibliográfico de Fin de Grado

Julio 2020

AUTOR: Pedro Piñero Zarza

TUTORES: Marina Torreblanca Calvo y Manuel Sánchez Angulo

Área de conocimiento: Microbiología

Departamento de Producción Vegetal y Microbiología

Resumen: La aparición de la bacteria *Xylella fastidiosa* en Europa como un patógeno vegetal altamente contagioso pone en peligro tanto la existencia de las especies vegetales a las que infecta, como la situación económica de los agricultores. Son varios los estudios publicados que intentan comprender su biología, los vectores que la transmiten, los síntomas que provoca, así como los efectos que puede producir sobre la economía, además de varios planes para poder detectar, controlar y erradicar la plaga.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado Bibliográfico será describir el modo en el que funciona y actúa este patógeno, su distribución y la problemática que provoca, además de los planes de contingencia que existen para luchar contra esta infección.

Palabras clave: *Xylella fastidiosa*, fitopatología, plan de contingencia.

Summary: The emergence in Europe of *Xylella fastidiosa* as a highly infectious bacterium, threatens both the existence of the plant it infects, and the economic situation of farmers. Several studies have been published trying to understand its biology, the vectors that transmit it, the symptoms it causes, as well as the effects that it can have on the economy, in addition to several plans to detect, control and remove the pest.

The purpose of this review will be to describe the way in which the aforementioned bacteria works and acts, its distribution and the problems it causes, along with the contingency plans designed to fight the infection.

Keywords: *Xylella fastidiosa*, phytopathology, contingency plan.

ÍNDICE

1. BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y DIVERSIDAD DE <i>XYLELLA FASTIDIOSA</i>	3
2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	6
3. CICLO DE VIDA, PATOGENICIDAD Y MECANISMOS DE TRANSMISIÓN	8
3.1. Factores asociados a la virulencia.....	10
3.2. Mecanismos de transmisión.....	11
3.3. Pruebas de patogenicidad.....	12
4. VECTORES DE TRANSMISIÓN.....	13
4.1. Control de vectores	16
5. ENFERMEDADES	16
5.1. Principales especies afectadas y sus síntomas	19
5.2. Impacto de <i>Xylella fastidiosa subespecie pauca</i> en olivos europeos.....	22
6. BÚSQUEDA DE SOLUCIONES	25
6.1. En las plantas afectadas	25
6.2. En la bacteria	25
6.3. En el vector.....	26
7. PLAN DE CONTINGENCIA	26
7.1. Medidas previsoras en caso de sospecha de contagio.....	27
7.2. Medidas cuando se confirma su presencia.....	28
7.3. Medidas de eliminación.....	29
7.4. Medidas de control	30
8. CONCLUSIONES	31
9. BIBLIOGRAFÍA.....	32

1. **BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y DIVERSIDAD DE XYLELLA FASTIDIOSA**

Xylella fastidiosa es una bacteria perteneciente a la clase *Gamma Proteobacteria*, orden *Xanthomonadales*, familia *Xanthomonadaceae*. Su nombre deriva de la palabra “xylella” (madera pequeña) y “fastidiosa” (crecimiento difícil), indicando así parte de su perjuicio.

Se trata de una bacteria no flagelada, Gram-negativa y con metabolismo aerobio estricto. Posee pili de tipo IV que le confieren una movilidad vertical en el xilema y pili de tipo I para adherirse a las células a las que afecta (figura 1). Es en el xilema donde se multiplica, siendo capaz de taponarlo, obstruyendo el flujo de savia mediante biopelículas, y provocando así una falta de agua y de nutrientes.

Sus células tienen estructura de bacilo alargado recto de unos 0,25-0,35 x 0,9-3,5 µm, pudiéndose unir en largas cadenas filamentosas. Las colonias pueden ser lisas, convexas y opalescentes con márgenes enteros o rugosas con márgenes ondulados, siempre sin pigmentación (figura 2).

Su óptimo de crecimiento se sitúa sobre los 27 °C de media, siendo así una bacteria mesófila, que no crece a temperaturas superiores a los 34 °C y su pH óptimo está entre 6,5 y 6,9. Es capaz de sobrevivir en inviernos suaves y moderados, no sobreviviendo a temperaturas inferiores de 12 °C. De todos modos, su capacidad de supervivencia en temperaturas frías puede depender de la subespecie de *Xylella*, así como el tipo de hospedador y su modo de cultivo.

Es transmitida mediante el tracto digestivo de insectos chupadores de xilema. Mientras que unas cepas son capaces de multiplicarse en la planta y colonizarla de modo generalizado, produciendo una infección sistémica, otras viven como organismos endófitos sin producir síntomas (B. Landa, 2017).

Según los hospedadores a los que afecta esta especie se ha agrupado en diferentes subespecies, ya que normalmente las especies que son susceptibles a una subespecie de *Xylella fastidiosa* no muestran signos de enfermedad al estar en contacto con otra subespecie diferente. Sin embargo, no es aceptable que sólo la conexión patógeno-hospedador establezca las relaciones entre ellos, ya que deben darse más factores.



Figura 1: Izquierda: Imagen tomada con microscopio electrónico de transmisión de células de *Xylella fastidiosa*: A) Grupo de células en el tejido de haces xilemáticos; B) Células de *Xylella* (fotografía de K. Matsuoka, Universidad Federal de Viçosa en Brasil). Derecha: Imágenes de *Xylella fastidiosa* donde se aprecian los pili.

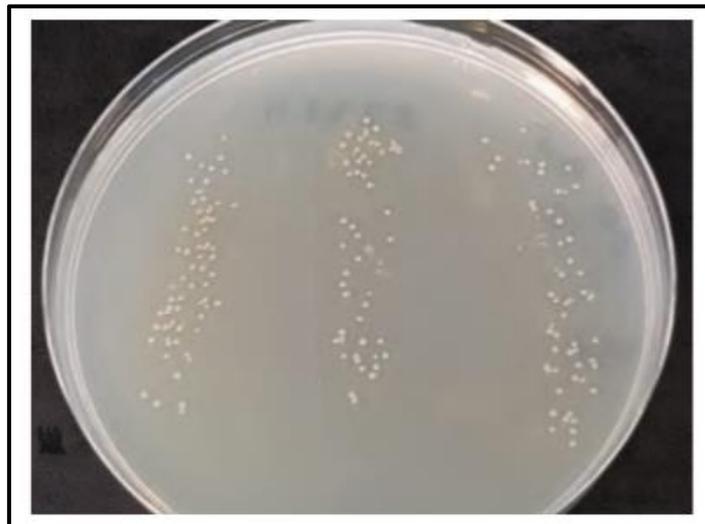


Figura 2: Colonias de *Xylella fastidiosa* en medio sólido. (Fotografía de LNR, IVIA. Valencia).

X. fastidiosa es una bacteria con dos etapas de vida, una dentro del insecto vector y otra dentro de la planta infectada donde puede causar infección o no. Una vez transmitida, se mueve por las células del xilema o por elementos traqueales. Si hubiera enfermedad, los síntomas aparecerían semanas o meses después. En hospedadores sensibles las colonias se multiplican y propagan rápidamente desde el lugar de la infección hasta el canal del xilema. La dispersión sistémica del patógeno se consigue mediante la degradación de las membranas de los haces del xilema con enzimas de la bacteria del tipo poligalacturonasa (Jeger, 2019).

X. fastidiosa Infecta a un gran número de especies y provoca enfermedades en diversos cultivos de importancia económica como son el almendro, olivo, melocotón, cítricos o vid en diversos países del mundo. En América es un patógeno ampliamente distribuido por todo el continente y asociado a graves enfermedades en varios cultivos (Purcell, 1997). En Europa se detectó por primera vez en la zona de Apulia (sur de Italia) en 2013 asociada al ‘Síndrome del Decaimiento Rápido del Olivo’ (CODIRO). Posteriormente se ha encontrado en Córcega, en la zona de Provenza-Alpes-Costa Azul (Francia), en las Islas Baleares y, en 2017, en la provincia de Alicante (EFSA, 2018).

Al principio se pensó que *Xylella fastidiosa* estaba formada por un único grupo homogéneo de bacterias, pero se llegó a comprobar mediante técnicas de genotipado basadas en secuencias de ADN, que existían subespecies aisladas que colonizaban diferentes plantas hospedadoras (Chen et al., 1992).

Actualmente, hay clasificadas cuatro subespecies aceptadas de *Xylella* y otras tres propuestas en base al análisis genético (Schaad et al., 2004; Schuenzel et al., 2005).

Las subespecies oficiales son:

- Subespecie *fastidiosa*: afecta a 164 especies como la vid, cítricos, café, almendro y alfalfa.
- Subespecie *multiplex*: afecta a unas 84 especies como almendros, melocotón, albaricoque, ciruelo, roble, arándano, olivo, vinca y plátano.
- Subespecie *pauca*: se puede encontrar en unas 36 especies como naranjos y café.
- Subespecie *sandyi*: tiene registros en cinco especies, sobre todo en adelfa.

Las subespecies propuestas son:

- Subespecie *morus*: en moreras y ornamentales como *Nandina domestica*.
- Subespecie *tashke*: en plantas ornamentales como *Chitalpa tashkentensis*.
- Subespecie nueva sin determinar: en perales.

Es de gran importancia asignar y conocer la biología de cada subespecie ya que no actúan de la misma manera en el hospedador infectado ni todas las especies provocan enfermedad a todas las especies de plantas, ya que puede o no infectar y los síntomas pueden ser similares o diferentes.

Pese a que las especies vegetales que son hospedadoras están catalogadas, nuevos brotes pueden aparecer en otras especies, ya sean cultivadas, ornamentales, silvestres o forestales, dificultando así cuantificar el impacto.

2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Xylella fastidiosa ha logrado llegar a gran parte del continente americano, continente en el que se encontraba aislada hasta que fue trasladada en especies vegetales afectadas hasta otros continentes. Como se observa en la figura 3, en la parte de Norteamérica se ha hallado en Canadá, México, y en los estados de Alabama, Arizona, Arkansas, California, Delaware, Distrito de Columbia, Florida, Georgia, Indiana, Kentucky, Louisiana, Maryland, Mississippi, Missouri, Montana, Nebraska, Nueva Jersey, Nuevo México, Nueva York, Carolina del Norte, Carolina del Sur, Oklahoma, Oregon, Pennsylvania, Tennessee, Texas, Virginia, Washington y West Virginia en Estados Unidos. También en el Caribe, Costa Rica y América Central.

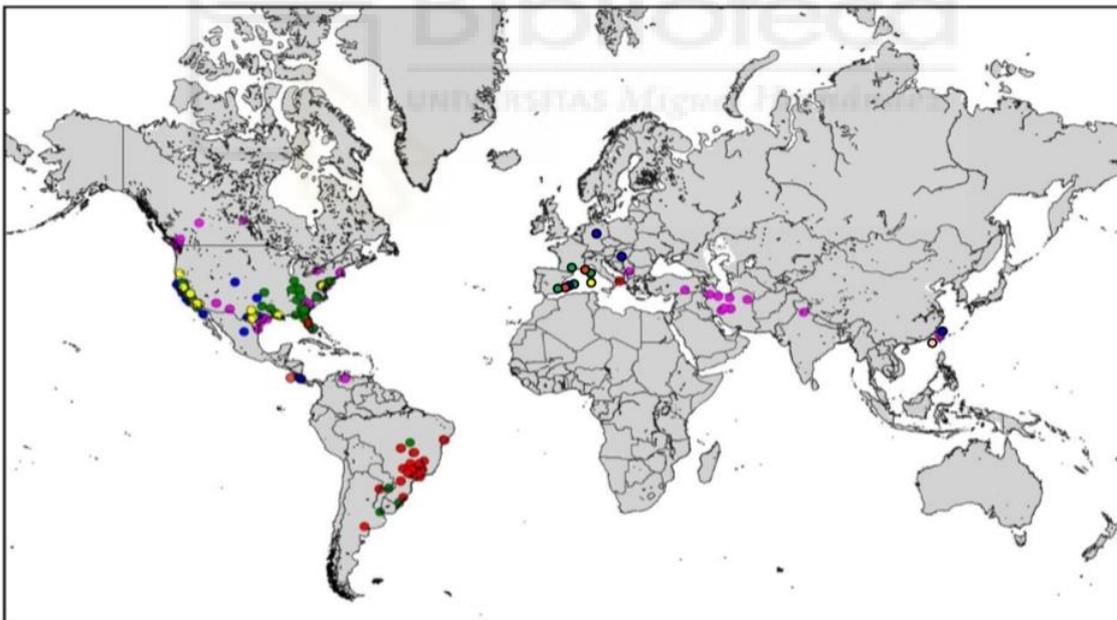


Figura 3: Mapa de distribución de las distintas subespecies oficiales de *Xylella*. Azul: subespecie *fastidiosa*, verde: subespecie *multiplex*, rojo: subespecie *pauca*, amarillo: subespecie *sandyi*. Fuente: EFSA Journal 13, 2015.

En Sudamérica se ha detectado en las zonas de cultivo de Argentina, Brasil, Ecuador, Honduras, Paraguay y Venezuela. Mientras tanto en Europa se ha constatado que ha llegado a Alemania, Francia,

España, Grecia e Italia. En el continente asiático podemos apreciar que se han registrado casos en China, la India, Irán, Líbano y Turquía.

Hay zonas, mayoritariamente en Europa, en que la presencia de *Xylella* suele ser transitoria o temporal, no puede encontrarse siempre la bacteria. En la figura 4 se puede observar tanto las zonas donde la bacteria está presente de modo permanente, como las zonas en las que su presencia es transitoria.

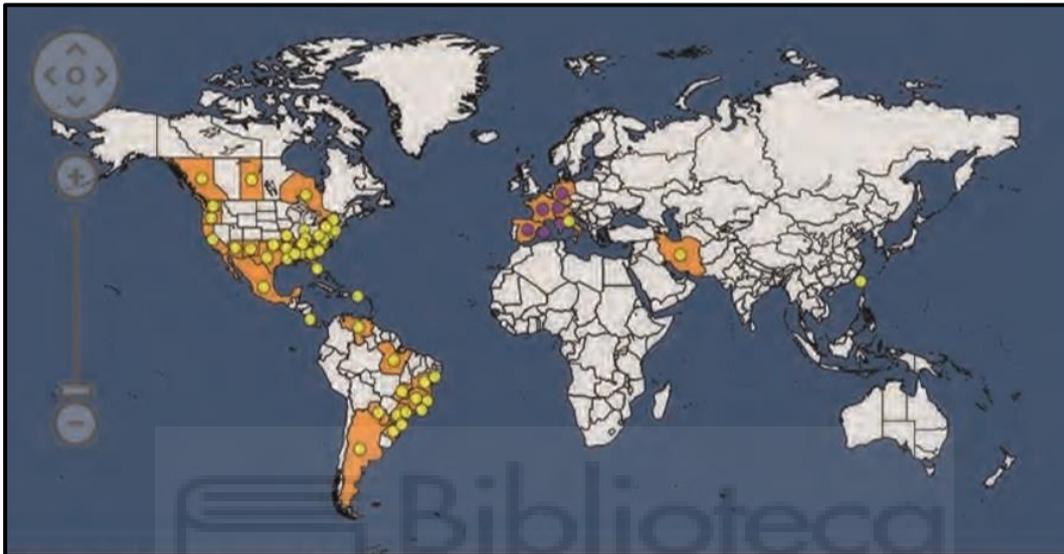


Figura 4: Mapa del tipo de presencia de *Xylella* en el mundo. Círculo amarillo: indica presencia permanente; círculo morado: indica presencia transitoria. Fuente: EPPO Global database.

Gracias al estudio de las subespecies mediante el **tipado por análisis multilocus** (*multilocus sequence typing*, (MLST), (Yuan *et al.* 2010) fue posible organizar dichas subespecies que componen la especie *Xylella fastidiosa*. El MSLT permite establecer agrupaciones filogenéticas de la especie, ya que funciona combinando los datos de siete genes de mantenimiento que están distribuidos por el cromosoma de la bacteria, asignando los aislados a tipos de secuencia.

Muy poco han divergido genéticamente las cuatro subespecies de *Xylella*, entre el 1 y el 3 %, a causa de la separación geográfica de los últimos 20.000 a 50.000 años. Separación que fue eliminada por la actividad humana, que ha causado una recombinación homóloga con otras especies. Las poblaciones naturales de *Xylella fastidiosa* recombinan con mucha frecuencia, con lo que el flujo genético a partir de la recombinación homóloga es una de las causas que ha provocado el peligro de las nuevas enfermedades provocadas por la bacteria (Almeida *et al.* 2008; Nunney *et al.* 2012; 2014, Almeida y Nunney 2015; Kandel *et al.*, 2017).

3. CICLO DE VIDA, PATOGENICIDAD Y MECANISMOS DE TRANSMISIÓN

El modo de infección comienza con la formación de pequeñas colonias de *Xylella* que se adhieren a la pared celular del xilema de las especies vegetales. Tras ello, las colonias aumentan de tamaño y se empiezan a acumular impidiendo así el flujo de nutrientes en el xilema ya que se obstruye. Las células son capaces de atravesar las aberturas del xilema que conectan con los vasos adyacentes, o bien obstruir estos orificios y los haces, desarrollando de esta manera la infección y la enfermedad (figura 5).

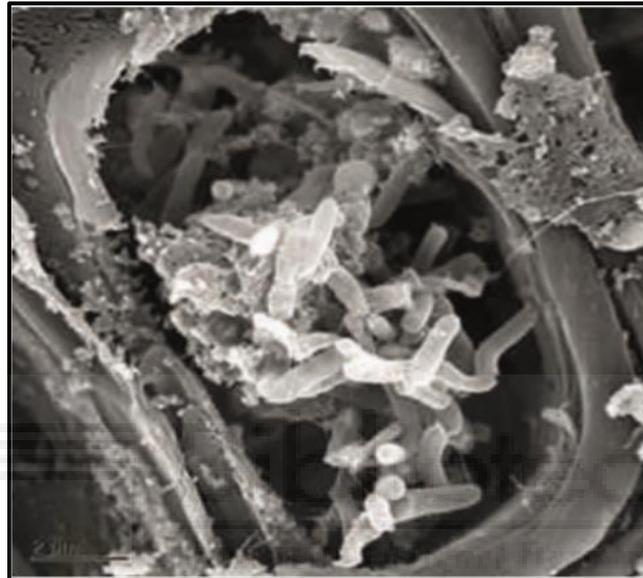


Figura 5: Imagen de microscopio electrónico en el que se aprecian las colonias de células de *Xylella fastidiosa* dentro del xilema de una planta de vid. Fuente: Electron Microscopy Laboratory (UC Berkeley).

La eficacia como patógeno dependerá de la planta hospedadora, del vector y del ambiente; no siempre se desarrolla enfermedad, aunque consiga infectar. Una vez contagiada la planta, el modo de transmisión de la bacteria de una planta a otra es mediante el proceso de alimentación de insectos vectores del orden *Hemiptera*. En la figura 6 se puede ver el ciclo que sigue la bacteria.

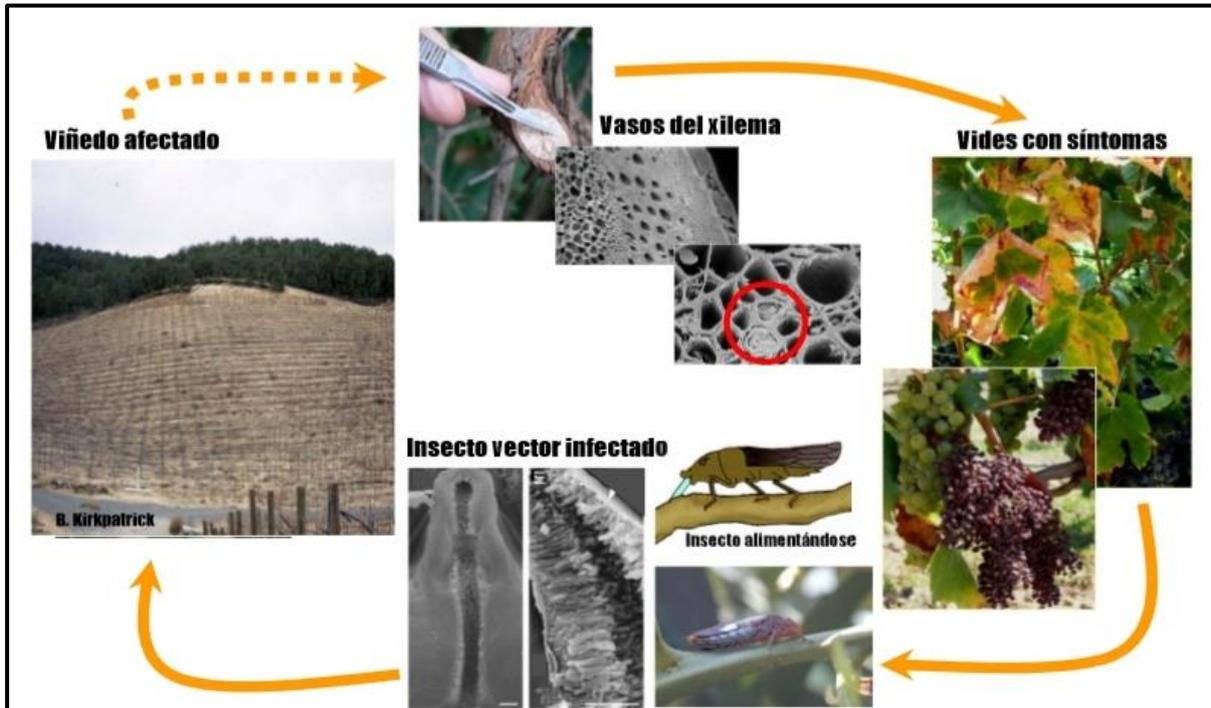


Figura 6: Ciclo de la bacteria *Xylella fastidiosa* en el que se muestra como los vectores infectan los viñedos al nutrirse antes de otra planta infectada y transportar la bacteria. Además, se ven los síntomas producidos en las vides y en los vasos del xilema. Fuente Newman et al. 2004.

Una vez que la bacteria ha sido transferida desde el vector a la planta, mediante el movimiento activo gracias a los pili, la degradación de la membrana entre los haces del xilema, y un movimiento pasivo de transpiración, es capaz de llegar a todas las partes del conducto lignificado (figura 7).



Figura 7: Movimientos de la bacteria una vez introducidos desde el vector. Fuente Chaltherjee et al. 2008; Lindow 2014.

3.1. Factores asociados a la virulencia

Los factores que determinan la virulencia son bastante variados, como se ha comentado con anterioridad. La aparición de síntomas debidos al contagio por *Xylella fastidiosa* se ha asociado con una carencia de agua y de nutrientes debido a la obturación de los haces del xilema por el polisacárido extracelular que produce la bacteria y por la formación de biopelículas. No obstante, hay resultados de otros grupos que sugieren que el desarrollo de síntomas en la vid no es debido al estrés hídrico, sino a los componentes de la membrana externa y las proteínas secretadas por, *Xylella fastidiosa* (Bruening *et al.*, 2008; Reddy *et al.*, 2007).

Otros estudios han encontrado que no existe correlación entre la densidad de población del patógeno y el desarrollo de síntomas, lo que indicaría que la obstrucción del xilema no es un requisito para que la enfermedad se produzca (Gambetta *et al.*, 2007). No obstante, se ha demostrado que la formación de biopelículas es un factor crítico para la colonización de la planta e infectividad perpetua por los insectos vectores (Purcell *et al.*, 1979; Chatterjee *et al.*, 2008a, 2008b).

Así, el proceso de desarrollo de biopelículas se ha dividido en cinco etapas secuenciales (Sauer *et al.*, 2002):

- a) Adherencia celular reversible a una superficie.
- b) Adherencia irreversible.
- c) Inicio de la maduración de la biopelícula.
- d) Biopelícula madura.
- e) Dispersión de la biopelícula.

Otro factor de virulencia es la capacidad de la bacteria para migrar alejándose del punto de inoculación y así extenderse por toda la planta. (Chatterjee *et al.*, 2008a). La difusión del patógeno es debida al pili tipo IV ya que le confiere movilidad por contracciones (Meng *et al.*, 2005).

Por otro lado, la secreción de proteínas del tipo hemaglutininas como las adhesinas (HxfA y HxfB) ayuda en la maduración de las biopelículas de *Xylella fastidiosa* favoreciendo la agregación celular, y contribuyendo así al aumento de su virulencia (Guilhabert y Kirkpatrick, 2005). Otros factores de patogenicidad que promueven el incremento de la virulencia son la producción de enzimas degradadoras de la pared celular, como las glucanasas, poligalacturonasas y xilanasas. (Roper *et al.*, 2017).

Tanto la interacción de los pili, como las adhesinas y las enzimas degradadoras están inducidas en función de los niveles de densidad poblacional bacteriana por un mecanismo de *quorum sensing* o percepción de quorum (Chatterjee *et al.*, 2008a). La percepción de quorum permite que cuando una

población de bacterias llegue a una determinada densidad de población pueda coordinar ciertas actividades, facilitando así la colonización de la planta. El *quorum sensing* se basa en la difusión de factores de señalización de bajo peso molecular que se acumulan a medida que la población bacteriana aumenta. Cuando la señal llega a un cierto umbral, se activan diversas proteínas receptoras que a su vez activan señales para modificar la expresión génica (Von Bodman et al., 2003).

3.2. Mecanismos de transmisión

Xylella fastidiosa necesita la acción de un vector especializado para transferirse de una planta a otra y tener la oportunidad de infectar. Los vectores son sobre todo insectos hemípteros que se alimentan del xilema de las plantas hospedadoras de la bacteria y al alimentarse de otra planta sana le transmite la infección. Purcell en 1981 comprobó que aquellos hemípteros que se alimentan del floema y del mesófilo, a pesar de alimentarse ocasionalmente de xilema, no tienen la capacidad de transmitir la bacteria.

El contagio ocurre en el siguiente orden (Chatterjee et al., 2008):

1. Adquisición de la bacteria por el insecto desde la planta hospedadora.
2. Anclaje y retención de la bacteria en la cutícula del cibario del vector.
3. Desprendimiento e inoculación en un nuevo hospedador.

En vectores adultos puede persistir la infección, pero la bacteria no pasa a los huevos. Además, en fases más jóvenes, la bacteria puede desprenderse cuando el vector muda la cutícula. Aun así, en adultos al no cambiar de estadio, la bacteria permanece en la cutícula sin pasar a la hemolinfa antes de ser transmitida (Purcell y Finlay, 1979).

Tanto la adquisición como la inoculación del patógeno son más efectivas conforme aumenta el tiempo de exposición del vector con el xilema de la planta. La alimentación de los hemípteros suele ser prolongada debido a la elevada disolución de los nutrientes en la savia de los xilemas, por lo que permanecen más tiempo en contacto con la bacteria. De este modo, *Xylella fastidiosa* formará biopelículas en la entrada del precario del insecto (donde la bacteria es retenida y expulsada a la planta durante la alimentación del vector), y debido a la baja concentración bacteriana que representa en el aparato bucal del vector, no puede ser detectada, aunque tenga capacidad infectiva. La densidad del patógeno influirá en la eficacia de la adquisición de la bacteria, porque cuantas más células haya más probabilidades habrá para contagiar. Aunque se ha observado que es más efectivo el número de inoculaciones que la densidad de la población bacteriana (Almeida, 2016).

También repercutirá en la eficacia de transmisión las preferencias alimentarias del insecto vector y de la zona desde la que se alimenta en la planta, además de la relación infecciosa que puede darse entre la especie vegetal hospedadora y la subespecie de *Xylella fastidiosa* y del estado fenológico del hospedador.

3.3. Pruebas de patogenicidad

Normalmente los estudios sobre la patogenicidad de *Xylella fastidiosa* suelen ser complicados y muy duraderos en sus tiempos de incubación en plantas hospedadoras. Se deben realizar con las especies vegetales más susceptibles y no herbáceas para tratar con un tejido xilemático bien claro y diferenciado.

Para conseguir plantas que sirvan para incubar la bacteria, hay que mantenerlas en crecimiento en el interior de invernaderos, con seguridad biológica para que no se vean afectadas por alguna alteración u otro patógeno, a una temperatura de 26 a 28 °C. Deben mantenerse en maceta con un sustrato seco y transpirable, y las condiciones dependerán del hospedador seleccionado. Se tendrán que utilizar al menos 10 o 15 plantas por experimento, 3 o 5 plantas como controles positivos y el resto como controles negativos.

La inoculación se realizará mediante la inyección directa de la bacteria en los vasos del xilema, habitualmente se usa el método de punción con aguja en el tallo, al nivel de inserción del peciolo, o un procedimiento común de pinchazo (Hill y Purcell, 1995; Almeida et al., 2001).

Las células bacterianas del inóculo procedentes de un medio de cultivo se resuspenden en un tampón succinato-citrato procurando que se llegue a una concentración de 10^9 ufc/mL (unidades formadoras de colonias/mL). Se deposita una cantidad de 10-50 μ L de la suspensión en la axila de la hoja, pinchando varias veces con una fina aguja y repitiendo el proceso en varias partes de la planta, o se pincha la planta con una aguja con 10^8 ufc/mL.

En las variedades cítricas se puede usar una técnica alternativa, levantando un trozo de corteza y depositando 10-30 μ L de una suspensión con 10^8 ufc/mL. En plantas con más de un tallo, las inoculaciones se realizarán en al menos dos tallos por planta. Para incrementar la efectividad, las plantas se pueden volver a inocular a las 3-8 semanas después de la primera inoculación.

4. VECTORES DE TRANSMISIÓN

Los potenciales vectores de transmisión de *Xylella fastidiosa* son los insectos hemípteros de las familias *Aphrophoridae* y *Cercopidae*, suborden *Auchenorrhyncha*, y de las familias *Cicadidae*, *Aphrophoridae*, *Cercopidae* y *Cicadellidae* (subfamilia *Cicadellinae*) (Almeida, 2016).

Son insectos que poseen una fuerte musculatura en la cabeza y un aparato bucal chupador con el que pueden succionar el xilema a niveles altos de tensión negativa y absorber a la bacteria y transportarla a otra planta gracias a su capacidad de vuelo (figura 8).

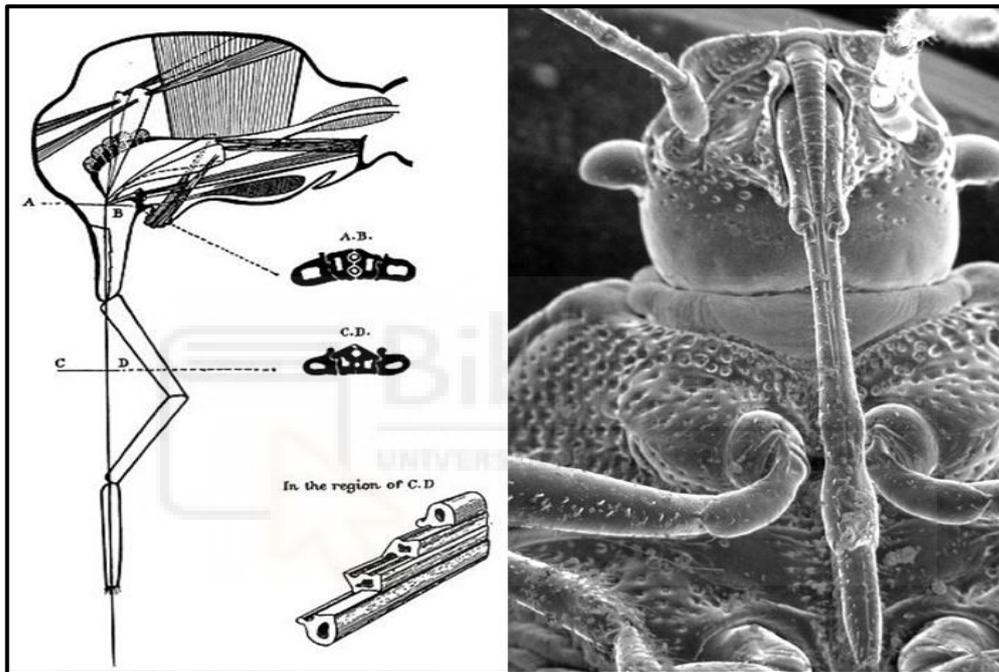


Figura 8: Aparato bucal del orden *Hemiptera*.

En la figura 9 se muestran diferentes especies del orden *Hemiptera* que son vectores de transmisión de la enfermedad.

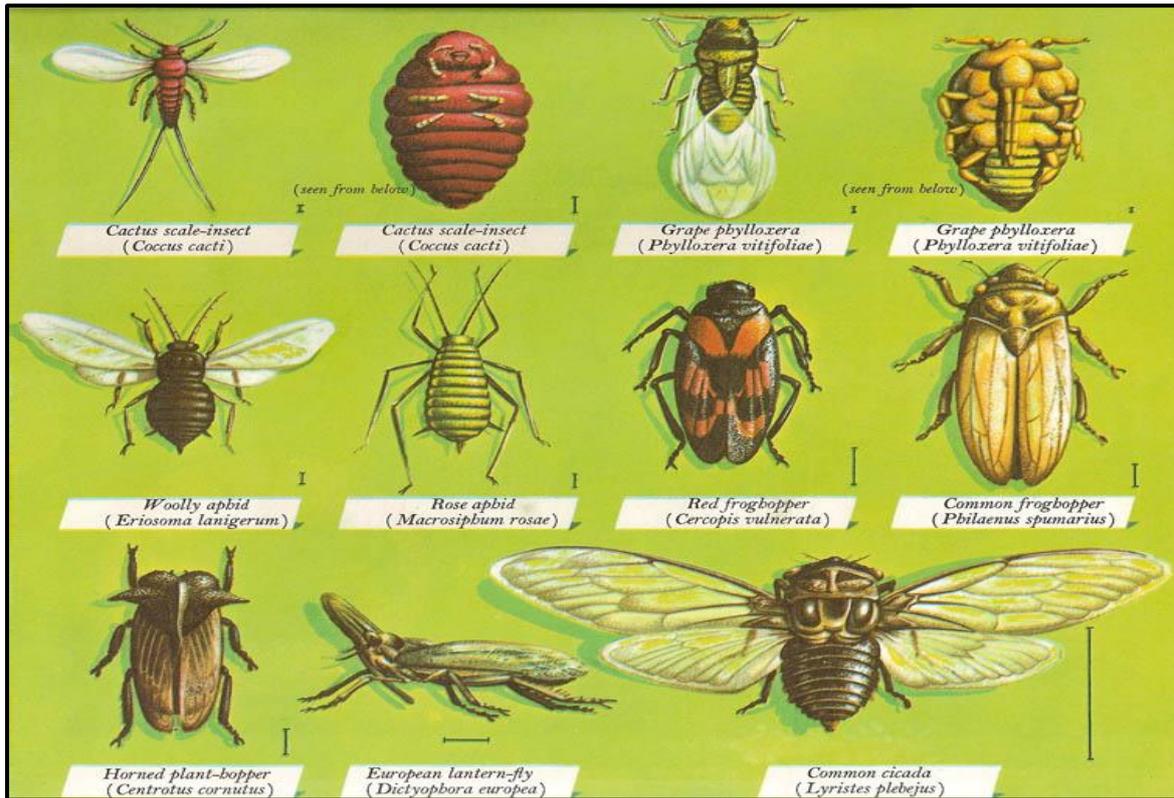


Figura 9: Especies del orden *Hemiptera*.

Mientras que, en América, donde se detectó por primera vez *Xylella fastidiosa*, la mayoría de los vectores pertenecen al género *Cicadulas* (familia *Cicadellidae*) de la subfamilia *Cicadellinae* (figura 10), en Europa suelen ser de las familias *Aphrophoridae* y *Cercopidae* (figura 11), que son mucho más abundantes en el continente europeo que los pertenecientes a la familia *Cicadellidae* (Purcell, 1979; Redak, 2004; EFSA, 2018).



Figura 10: Imagen del género *Cicadula*.



Figura 11: Imagen A: familia Aphrophoridae. Imagen B: familia Cercopidae.

Pese a la abundante distribución de las familias *Aphrophoridae* y *Cercopidae*, no se tiene demasiada información sobre su biología, comportamiento y dinámica poblacional, ya que hasta el momento en que apareció la problemática de *Xylella* no se tenía ninguna constancia de que provocaran plaga alguna.

Se ha podido demostrar que el vector principal de *Xylella fastidiosa* subespecie *pauca* en olivos del sur de Italia es la especie *Philaenus spumarius* L., familia *Aphrophoridae* (figura 12), muy presente en el ecosistema (Saponari, 2014; Cornara 2017).



Figura 12: Imagen de la especie *Philaenus spumarius* L.

En la península ibérica, sobre todo en almendros y olivares, los dos principales vectores son las especies de afrofóridos *Philaenus spumarius* y *Neophilaenus campestris* (Morente y col. 2017, 2018). En la zona con presencia de la bacteria en el norte de Alicante, se han capturado un total de 3.974 especímenes, incluidos en cuatro especies distintas, pertenecientes a las familias *Aphrophoridae* y *Cercopidae*, que son vectores potenciales de *Xylella fastidiosa*. *Neophilaenus campestris* (54%) y *Philaenus spumarius* (42%) son las especies mayoritarias, mientras que *Neophilaenus lineatus* (L.) (2%) y *Cercopis intermedia* (1%) aparecen de forma muy puntual.

La especie *Philaenus spumarius* se encuentra tanto en hierbas como en árboles, siendo más habitual en hierbas en primavera y otoño, mientras que en verano se encuentra en ambos sitios. *Neophilaenus campestris*, por otro lado, es mucho más abundante en hierbas y aparece sobre todo en primavera, otoño y previsiblemente en invierno. Por último, la especie *Neophilaenus lineatus* se encuentra mayoritariamente en hierbas y durante los meses cálidos.

4.1. Control de vectores

La **Decisión de Ejecución (UE) 2015/789** establece la obligatoriedad de realizar inspecciones anuales oficiales para comprobar la presencia o ausencia de *Xylella fastidiosa* en territorio europeo, tanto de los vegetales sensibles a cepas como de los vectores infectivos. Las prospecciones se han definido en base a las directrices recogidas en la Guía para las prospecciones de *Xylella fastidiosa* en la UE que ha elaborado la Comisión.

El uso de insecticidas como piretroides, neonicotinoides y reguladores del crecimiento son efectivos para disminuir el número de individuos. Existen métodos alternativos menos agresivos como las películas de partículas de caolín que actúa como una barrera protectora ante los insectos, los repele y evita la puesta de huevos. Estas partículas consiguen hasta un 90% de reducción del número de individuos.

5. ENFERMEDADES

Los síntomas que se pueden encontrar en las plantas afectadas son bastante variados y dependen en gran medida de los factores ambientales que intervengan, de la planta hospedadora, y de su relación con el patógeno.

Las señales principales suelen ser sequedad en las plantas y apariencia de quemado en las hojas hasta la muerte de la planta, escaldado, necrosis marginal, clorosis, defoliación, marchitamiento y bronceado en el margen de la hoja (figura 13).



Figura 13: Distintos tipos de síntomas de infección por *Xylella* en especies vegetales. Imagen 1: necrosis marginal y marchitamiento en hojas de vid. Imagen 2: moteado de clorosis variegada en hojas de naranjo.

Fuente EPPO.

Los síntomas comienzan con una necrosis en los bordes de las hojas, como podemos ver en la imagen 1 de la figura 13, que avanza hasta el limbo provocando la caída de la hoja y de los frutos. Además, la planta se ve reducida en su crecimiento. Pueden darse los síntomas en una parte o en la planta entera, siendo estos normalmente de desarrollo lento, hasta varios meses tras la infección y se suelen mostrar entre verano y otoño, cuando la planta necesita más agua y sufre complicaciones por el taponamiento de los haces vasculares.

Dependiendo de la especie vegetal infectada, aparecen una gran variedad de síntomas que incluyen también la presencia de manchas amarillas en las hojas (figura 13, imagen 2), o de follaje clorótico, o una combinación de varios de estos síntomas.

Existen ocasiones en las que la planta no muere, pero se vuelve más sensible a otras plagas y enfermedades. Es difícil utilizar los síntomas como manera de diagnóstico ya que son muy parecidos a los causados por otros problemas ya sean bióticos o abióticos.

Algunas enfermedades que provoca la bacteria en diferentes especies vegetales, y que se ilustran en las figuras 14 y 15, son:

- Clorosis variegada de los cítricos (CVC) en Sudamérica (Brasil, Argentina) (Rossetti et al., 1990).
- Daños en frutos de café, naranjo, aguacate, vid, adelfa, en Costa Rica (Rossetti et al., 1990).
- Daños en los frutos de melocotonero y ciruelo en el Sureste de E.E.U.U. (Cochran et al., 1951).
- Enfermedad de Pierce en vides de California, E.E.U.U. (N.B. Pierce, 1891).
- Enfermedad de Pierce en vides de Kosovo (Yugoslavia) (Berisha et al., 1998).
- Enfermedad de Pierce en vides de Taiwán 2002 (Su et al, 2013).
- Quemazón del café en Brasil (Lima et al., 1998).

- Quemazón en adelfa en California, E.E.U.U. (*Purcell and Sanders, 1999*).
- Quemazón en arándano en Georgia, E.E.U.U. (*Chang and Donaldson, 2009*).
- Quemazón en chitalpa en Nuevo México, E.E.U.U. (*Randall & Radionenko, 2007*).
- Quemazón en lirio, jacaranda, magnolia en California, E.E.U.U. (*Martinez et al. 2007*).



Figura 14: Distintos tipos de enfermedades según la especie vegetal. Fuente Agrios, APS, Hopkins, Purcell, Boscia, Landa, Navas-Cortés y de la Fuente.



Figura 15: Signos de quemado en distintas plantas; *Acacia saligna* (1), *Nerium oleander* (2), *Coffea sp* (3), *Polygala myrtifolia* (4), *Westringia fruticosa* (5). Fuente: EPPO global databas.

5.1. Principales especies afectadas y sus síntomas

- **Olivos:** en Italia, los olivos muestran sequedad en hojas, ramas, e incluso árboles enteros, denominada síndrome del decaimiento rápido del olivo. En las Islas Baleares y en la Comunidad de Madrid el olivo, tanto cultivado como silvestre, se ha visto afectado por la *subsp. multiplex* y la *subsp. pauca*.

Los síntomas observados son el marchitamiento y decaimiento, seca de hojas que comienza por el borde apical, y de ramas, acompañada de defoliación, pudiendo llegar a la muerte del árbol (figuras 16 y 17).



Figura 16: Síntoma de secado de ramas y hojas en olivo. Fuente EPPO.



Figura 17: Vasos del xilema de olivos oscurecidos por taponamiento de la bacteria. Fuente Donato Boscia CNR Bari.

- **Adelfa:** se puede observar en sus hojas una especie de quemado tanto en los bordes como en las puntas, pudiendo provocar la caída de la hoja, además de que puede secar los brotes y producir la muerte a la planta. A menudo, la planta puede llegar a rebrotar de nuevo desde la base, para reemplazar las hojas afectadas (figura 18).



Figura 18: Signos de contagio en adelfas, la imagen de la izquierda corresponde a los síntomas iniciales, y la imagen de la derecha a un estado avanzado de la infección. Fuente EPPO y Tragsatec.

- **Almendra y Cerezo:** se observa un quemado en el ápice de las hojas, seguido de un secado de brotes y desecamiento del árbol, siendo el almendra uno de los principales hospedadores de la bacteria (figuras 19 y 20).

En España, la principal subespecie de la bacteria identificada en el almendra en la Comunidad Valenciana es la *subsp. multiplex*, pero, además, en Mallorca se ha detectado la *subsp. fastidiosa* (ST1), en Menorca la *subsp. multiplex*, y en Ibiza la *subsp. pauca*.



Figura 19: Secado de hojas de almendra. Fuente Gobierno de las Islas Baleares.



Figura 20: Quemado marginal de hojas de almendra. Fuente Generalitat Valenciana.

- **Vid:** solamente reconocida como planta hospedadora en la Unión Europea, en la Isla de Mallorca, en concreto como hospedadora de la *subsp. fastidiosa*, agente causante de la Enfermedad de Pierce en Estados Unidos.

Los síntomas observados son decaimiento, seca de racimos, clorosis y necrosis marginales en las hojas, con halos amarillos en variedades blancas y rojizas en variedades tintas. Las hojas con estos síntomas suelen tener menor tamaño, deformación e incluso presentar asimetrías (figura 21).



Figura 21: Síntomas de necrosis apicales con bordes rojizos, clorosis y asimetría en hojas de vid. Fuente Libro Cajamar: Enfermedades causadas por la bacteria *Xylella fastidiosa*, Gobierno de las Islas Baleares.

5.2. Impacto de *Xylella fastidiosa subespecie pauca* en olivos europeos

Con la detección en Italia de la subespecie *pauca* de *Xylella fastidiosa* en especies como *Olea europaea* (oliva), *Nerium oleander* (adelfa) y *Prunus dulcis* (almendro) en el año 2013, se comenzaron a tomar medidas de control, tanto en la vigilancia de los vectores como en la tala de árboles, aunque fuera solo para conseguir una zona saneada que rodeara los individuos infectados para evitar la transmisión. En la actualidad, los países europeos en los que se encuentra *Xylella* son Italia, Francia, España, Grecia y Portugal, tanto la subespecie *pauca*, como *multiplex* y *fastidiosa*.

Con el fin de descubrir el impacto que puede provocar la bacteria sobre los olivos europeos, Schneider y sus colaboradores en julio de 2019 desarrollaron un modelo bioeconómico en el que exponen la propagación de enfermedades y las características económicas de los sistemas de cultivo de olivos en

los países europeos, centrándose en los casos de Italia, Grecia y España, representando éstos el 95 % de la producción de oliva en Europa.

El modelo económico calcula el impacto sobre los cultivadores según les disminuyen las ganancias y sufren pérdidas anteriores a la inversión, debido a la muerte prematura de las plantas afectadas. Para ello se utilizaron tasas de dispersión y umbrales de aptitud climática binaria. Los modelos bioeconómicos se comparan con una línea base en la que no se encuentre *Xylella fastidiosa pauca* para observar la diferencia de beneficios económicos.

Los resultados que se observaron en Italia fueron entre un 69 % y un 75 % de área de producción infectada (figura 22), una pérdida de hasta el 18,9 % de la oferta de oliva, lo que supuso un aumento del 9,8 % de su precio en toda Europa, y un impacto económico de siete mil millones de euros en el caso de que la replantación no fuera posible.

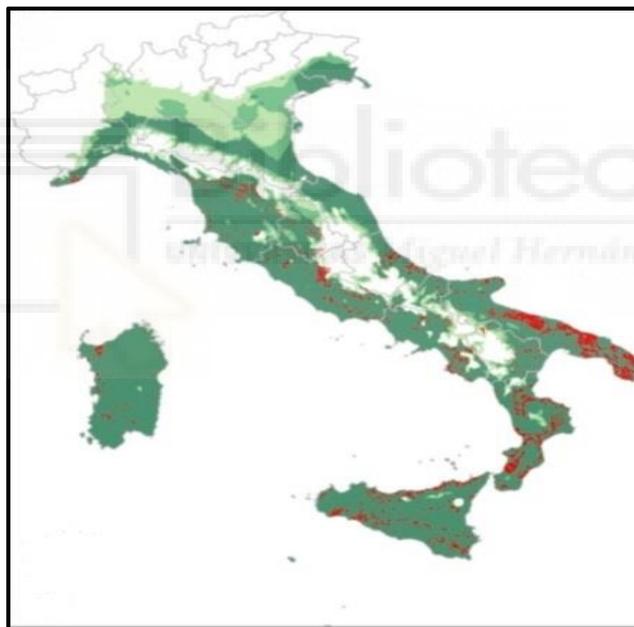


Figura 22: Representación de las zonas afectadas por *Xylella fastidiosa* subespecie *pauca* en las áreas de producción italianas. Fuente: SI Appendix.

En el caso de Grecia, entre un 34 y un 38 % del área de producción se vio afectada por la bacteria (figura 23). Un porcentaje no tan alto como en los otros dos casos gracias a que sus principales áreas de producción se separan en regiones continentales y en Creta, ayudado por el mar que actúa de protección natural evitando la propagación de la pandemia. La propagación llegó a provocar una pérdida de la oferta de hasta un 7,4%, provocando un aumento en un 25% del precio de la oliva en toda Europa, y un impacto de más de dos mil millones de euros.

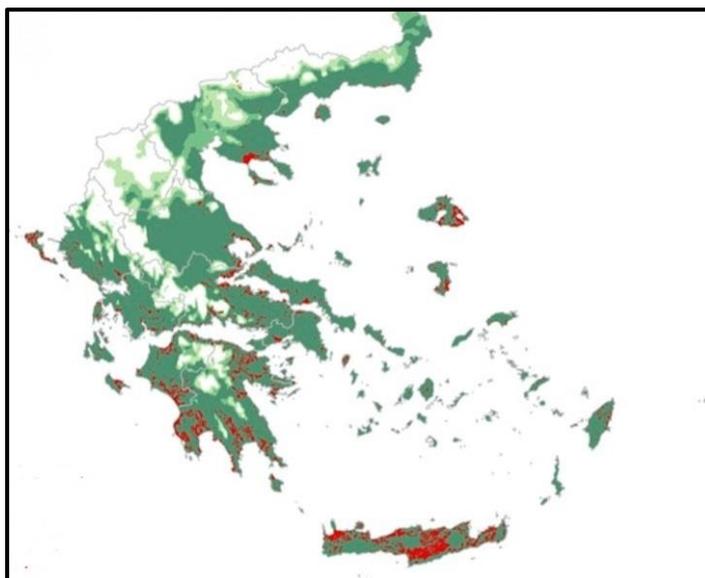


Figura 23: Representación de las zonas afectadas por Xylella fastidiosa subespecie pauca en las áreas de producción griegas. Fuente: SI Appendix.

En el caso de España, entre un 74 y un 95 % del área nacional de producción estaba infectada (figura 24), posiblemente debido a la diferencia de umbrales climáticos que se encuentran en la península, influyendo notoriamente en la extensión y en la trayectoria de dispersión. La oferta disminuyó hasta en un 50 %, lo que hizo que los precios en toda Europa aumentaran hasta un 26 %. El impacto total fue de más de diecisiete mil millones de euros.

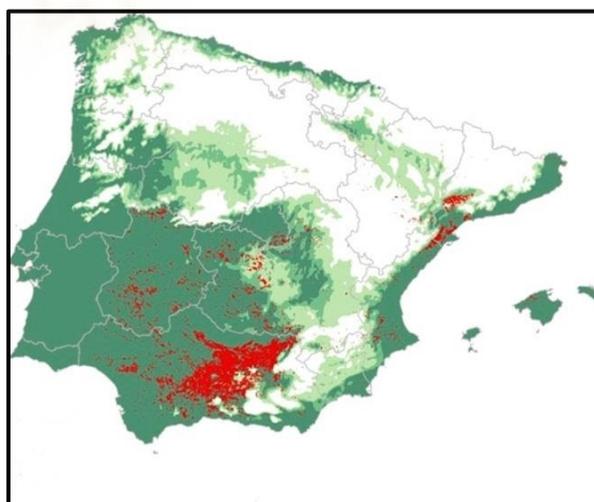


Figura 24: Representación de las zonas afectadas por Xylella fastidiosa subespecie pauca en las áreas de producción españolas. Fuente: SI Appendix.

Según el estudio (*Schneider et al., 2019*), las diferencias en la magnitud del impacto económico entre los países pueden deberse a las disparidades entre las áreas de producción, su distribución en los sistemas de cultivo y a la rentabilidad del país respecto a la productividad de aceitunas por hectárea. También aclara que los productores deben prestar atención a la aparición de posibles infecciones e informar a las organizaciones nacionales de protección fitosanitaria.

6. BÚSQUEDA DE SOLUCIONES

Con el ascenso de *Xylella fastidiosa* como una de las principales plagas mundiales en el ámbito de la agricultura, y el hecho de que no tiene un protocolo de eliminación concreto, aparecen varios posibles tratamientos alternativos según el momento de infección para prevenir su avance y proliferación.

6.1. En las plantas infectadas

Ha funcionado la extirpación a tiempo de la planta completa infectada. Además, se ha visto que la poda, en un nivel bajo de infección, puede eliminar la bacteria e impedir la transmisión de vectores. Depende de la estación del año, el tipo de planta y de la infección de las raíces. También se ha visto en las uvas de vid que al congelarlas se evita la propagación de la bacteria debido a su intolerancia al frío. Desafortunadamente, es una técnica difícil de extrapolar a otras especies. El último método sería cultivar especies resistentes y tolerantes a la bacteria como se ha hecho con otras infecciones (*Enrico M. Bucci, 2018*).

6.2. En la bacteria

Se ha probado en plantas de tabaco y cítricos el uso de productos químicos, compuestos metálicos y productos naturales. Éstos han reducido síntomas y tienen efecto antibacteriano (tetraciclinas, N-acetilcisteína, fertilizantes de cobre y zinc, y la simbiosis entre varios tipos de hongos con especies de plantas resistentes). También se recurre al control simbiótico mediante microorganismos endófitos como *Methylobacterium mesophilicum* que compiten con *Xylella* disminuyendo su virulencia. De igual modo ha funcionado el biocontrol con fagos capaces de infectar a *Xanthomonas*, una bacteria perteneciente a la misma familia que *Xylella* (*Enrico M. Bucci, 2018*).

6.3. En el vector

Algunos insecticidas como los neonicotinoides han tenido éxito en la eliminación del vector, al igual que algunos parásitos del género *Gonatocerus*, que atacan los huevos de los insectos que propagan la enfermedad. También se ha probado infectar con virus a la propia *Xylella fastidiosa* dentro de los insectos, pero no hay resultados demasiado concretos sobre su eficacia (*Enrico M. Bucci, 2018*).

7. PLAN DE CONTINGENCIA

Como medida para que no ocurra una propagación se propuso la realización de inspecciones anuales y obligatorias para encontrar casos de *Xylella fastidiosa* en las especies vegetales potenciales de infección no solo por esta especie, también por *X. multiplex*, *X. pauca* y *X. sandyi*, mediante el artículo número 3 de la Decisión de Ejecución (UE) 2015. En esta sección se va a describir dicho plan tal y como aparece en los documentos indicados en la bibliografía.

Con la ejecución del Plan de Contingencia se generan los Planes específicos de Acción para llevar a cabo actuaciones concretas ante la aparición de brotes o de sospecha de infección, hasta su verificación o descarte definitivo. Su aprobación y redacción tiene que ser consecuente con la Legislación en materia de Sanidad Vegetal, con el Plan Nacional de Contingencia, con la Decisión de Ejecución (UE) 2015/789 y consensuado entre las posibles Comunidades Autónomas afectadas y el Estado.

De este modo los planes deben de estar preparados para comenzar a funcionar en el momento de alguna sospecha o confirmación de la presencia de la bacteria mediante prospecciones específicas o por una inspección general, y ejecutarse de forma inmediata actuando de acuerdo con la estructura de responsabilidades establecida por las administraciones públicas.

En las fases iniciales de información sobre la aparición de la infección, debe reunirse la siguiente información con el fin de determinar el posible origen del brote y si ha existido posible contagio:

- Presencia de viveros, jardines o cualquier lugar que comercialice, produzca o en el que estén presentes vegetales especificados. Respecto a los lugares que producen o comercialicen planta, se deben obtener los datos de: existencia de comercio con terceros países con presencia de *Xylella fastidiosa* en zonas demarcadas, volumen de comercialización, períodos de comercialización, especies comercializadas, presencia potencial de vectores asociados al comercio, presencia de vías de comunicación.

- El posible origen de la infección; Deberá tenerse en cuenta la información relativa a las importaciones recientes o movimientos de vegetales o productos vegetales hospedadores en y fuera del lugar afectado.
- Localización geográfica y propietario del lugar afectado.
- Hospedadores infectados en el lugar afectado (especies, variedad, fase de desarrollo, etc.).
- Manera en que el organismo nocivo fue detectado e identificado (incluyendo fotografías de los síntomas).
- Nivel de presencia del organismo nocivo: presencia de síntomas o infección latente.
- Dispersión e impacto del daño (incluyendo la parte del hospedador afectado): superficie afectada, número de plantas afectadas.
- Movimiento de personas, vehículos y maquinaria, o cualquier otro objeto que pueda transportar plantas o vectores infectivos procedentes de una zona infectada.
- Manejo de los residuos vegetales generados.

7.1. Medidas previsoras en caso de sospecha de contagio

Cuando en una comunidad autónoma se tenga sospecha de la presencia de una infección con *Xylella fastidiosa*, a través de los controles oficiales, de las notificaciones pertinentes, o de cualquier otro medio, deben adoptarse una serie de medidas cautelares encaminadas a comprobar o desmentir la presencia de la bacteria y a evitar su propagación mientras se define la situación. Las medidas serían las siguientes:

1. Realización de inspecciones en la zona de sospecha mediante los representantes de los Servicios de Sanidad Vegetal de la Comunidad Autónoma para llevar a cabo:
 - a. la verificación “in situ” de la presencia de los síntomas sospechosos.
 - b. la realización de un muestreo de vegetales especificados situados en las proximidades de las plantas sospechosas (al menos de 100 metros), las muestras que sean recogidas durante los muestreos indicados ayudarán a confirmar o desmentir la presencia del organismo nocivo.
 - c. la obtención de tanta información como sea posible, incluyendo el historial de los vegetales o productos vegetales, así como los detalles de cualquier movimiento del material vegetal en la zona afectada.
 - d. la localización de las parcelas de producción de vegetales especificados o viveros que produzcan o comercialicen dichos vegetales, (al menos en un radio de 5 kilómetros).
 - e. la necesidad del Pasaporte Fitosanitario en las plantas hospedadoras de *Xylella fastidiosa*.

2. Registrar inmediatamente toda la información relativa a la presencia o sospecha de su presencia.
3. Inmovilización cautelar de los vegetales o productos vegetales de los cuales se hayan tomado las muestras, excepto bajo control oficial por parte de la Comunidad Autónoma y siempre que se compruebe que no existe ningún riesgo identificable de propagación del organismo.
4. Prohibición, en la medida de lo posible, de acceso a la zona a personas y vehículos, puesto que pueden servir de vía de transporte de insectos vectores infectivos, adheridos a la ropa, o en el interior de vehículos.
5. Realizar un muestreo de insectos vectores potenciales de *Xylella fastidiosa*, en la parcela o vivero y en las proximidades (al menos 100 metros alrededor, que es la distancia de vuelo de los insectos vectores).
6. Realizar un tratamiento fitosanitario para el control de insectos vectores.
7. Eliminación de los restos de poda o restos del material enfermo que procedan de las plantas sospechosas, mediante quemado o triturado en la propia parcela o vivero.
8. Eliminación de las malas hierbas sensibles a *Xylella fastidiosa*, en la parcela o vivero.
9. Informar de inmediato a cualquier persona que tenga bajo su control, vegetales que puedan estar infectados por la bacteria, así como de las medidas que se deben adoptar para evitar su dispersión.
10. El Equipo de Dirección de Emergencia deberá determinar las fuentes de la sospecha de contagio y obtener cualquier otra información que pueda ayudar a establecer la trazabilidad del material bajo sospecha, e informar inmediatamente al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, para que éste a su vez informe a las Comunidades Autónomas o Estados miembros afectados. Las Comunidades Autónomas a las que se informe aplicarán las medidas preventivas recogidas en su Plan de Contingencia.

7.2. Medidas cuando se confirma su presencia

La presencia de *Xylella fastidiosa* en una comunidad autónoma se debe validar por parte del laboratorio de diagnóstico, o del Laboratorio Nacional de Referencia de Bacterias, y se debe comunicar seguidamente a la Subdirección General de Sanidad e Higiene Vegetal y Forestal del MAPAMA la detección de la infección.

La notificación de la presencia de la bacteria debe comunicarse a la Comisión, en el plazo de ocho días hábiles después de la confirmación oficial, tal y como se establece en la Decisión 2014/917/UE. Se deberá actualizar cuando se dispongan de nuevos datos, o cuando se hayan adoptado nuevas medidas.

Con el objetivo de disponer de una visión actualizada de las medidas que se están aplicando en las zonas demarcadas de *Xylella fastidiosa* en la UE, la Comisión ha elaborado un modelo de tabla que recoge la situación de las actividades de erradicación, contención y los controles oficiales realizados para vigilar el movimiento de vegetales especificados fuera de la zona demarcada. Esta tabla deberá acompañar a cada una de las actualizaciones de notificación oficial que se remitan al MAPAMA.

Una vez notificada la presencia de la bacteria, los Organismos Oficiales de la Comunidad Autónoma llevarán a cabo la creación de unas zonas demarcadas que delimitan una zona infectada y otra tampón de una anchura de al menos 5 kilómetros rodeando a la zona infectada. En las zonas demarcadas se deberán adoptar las medidas de erradicación previstas en el artículo 6 de la Decisión de Ejecución (UE) 2015/789.

Las zonas infectadas sometidas a medidas de contención se llamarán zonas de contención, y dentro de la misma se deberá delimitar una franja perimetral de 20 km de ancho desde el límite de la zona infectada, denominada zona de vigilancia intensiva. La delimitación de la zona demarcada se podrá hacer sólo para la subespecie detectada. Si la identificación de la subespecie está pendiente, se deberá delimitar la zona demarcada con respecto a *Xylella fastidiosa* y todas sus subespecies.

Por último, la legislación también recoge la posibilidad de no establecer una zona demarcada, en casos de presencia aislada de *X. fastidiosa*, y cuando la presencia de la bacteria se pueda eliminar con la destrucción de los vegetales en los que se haya detectado. En estos casos, será preciso actuar de inmediato para determinar si se han infectado otros vegetales.

7.3. Medidas de eliminación

El Programa de Erradicación recoge las medidas de erradicación y/o contención, que se deben seguir para combatir a *Xylella fastidiosa*.

En la zona infectada las medidas estarán dirigidas a la erradicación de la plaga mediante:

1. Tratamientos fitosanitarios para eliminar los insectos vectores.
2. Eliminación y destrucción de todos los vegetales infectados, así como los que presenten síntomas y las plantas hospedadoras.
3. Prohibición de replantar plantas hospedadoras y muestreo obligatorio sobre todos los vegetales especificados.

4. Restricción, en toda la zona demarcada (zona infectada + zona tampón), del movimiento de vegetales especificados salvo determinadas condiciones, que figuran en el artículo 9 de la Decisión.
5. Realización de buenas prácticas agrícolas, actividades de comunicación y divulgación, así como llevar a cabo una señalización vial para indicar su delimitación, asegurando una buena coordinación y organización entre granjeros, vecinos y artes interesadas.

7.4. Medidas de control

- **Exclusión:** evitando que el patógeno acceda a una zona o región dónde no se encuentra. Mediante controles de frontera, legislando las especies de plantas ornamentales, regulando las plantas importadas, impidiendo movimientos de materia vegetal y obligando a realizar todos los años muestreos en cultivos sensibles.
- **Erradicación:** eliminar las plantas que presenten los síntomas. Es más eficaz si se efectúa a tiempo, cuando comienzan los síntomas, hay pocos individuos afectados, y que todavía no hayan cruzado la frontera. Por prevención se erradicarán las plantas próximas. Se deberá tratar la indemnización a los agricultores por la destrucción de sus cultivos enfermos. La eliminación tendrá un coste elevado.
- **Escape:** evitando el contacto con el inóculo y la infección. Produciendo material propagativo certificado, usando plantas madre libres del patógeno y utilizando mallas e invernaderos para evitar la aparición de vectores infectivos.
- **Resistencia:** aunque dificultoso, se intenta obtener especies que sean resistentes al patógeno, como ciertos genotipos de *V. rotundifolia*, *Muscadinia rotundifolia* y *V. girdiana*. Algunos son transgénicos.
- **Medidas culturales y químicas:** disminuyendo el inóculo en las plantas o poblaciones de los insectos vectores mediante podas de ramas infectadas (efectivo en los síntomas primerizos), con tratamientos químicos contra los insectos vectores que actúan como transmisores y de malas hierbas que actúan como reservorios de la bacteria, y eliminando la cubierta vegetal, aunque esto puede acarrear problemas de erosión y diversificación en el paisaje.

8. CONCLUSIONES

Como hemos podido ver en este trabajo, *Xylella fastidiosa* es una bacteria que puede causar graves daños económicos, ya que puede infectar a un elevado número de plantas de interés agrícola, forestal y ornamental, y por ello es considerada a nivel mundial como una amenaza para este tipo de cultivos. Puede llegar a ser una plaga con un método de infección muy eficaz y complicado de detener, debido a la gran movilidad de sus vectores y a la facilidad de su contagio.

Desde que se detectó el primer foco de *Xylella fastidiosa* en España (Mallorca), el avance de esta enfermedad está afectando a todo el sector agrícola del país. Además de en las Islas Baleares, en la Península Ibérica se detectó por primera vez en Alicante a principios de verano de 2017 en el cultivo del almendro. Hoy en día produce graves daños en cultivos como cítricos, vid, almendro, melocotonero, así como en numerosas especies ornamentales. Sin embargo, y a pesar de su presencia aún en España, están surgiendo técnicas capaces de evitar la contaminación de las plantas, eliminar la bacteria o bien eliminar los vectores de transmisión. Por otro lado, se han puesto en marcha planes de contingencia por parte de las Comunidades Autónomas con el fin de evitar su expansión.



9. BIBLIOGRAFÍA

1. Almeida R. 2016. "Xylella fastidiosa vector transmission biology". Brown JK (ed.). "Vector-mediated transmission of plant pathogens". The American Phytopathological Association, St. Paul, USA. pp. 165-173.
2. Almeida R., Blua M., Lopes J. y Purcell A. 2005. "Vector transmission of Xylella fastidiosa: Applying fundamental knowledge to generate disease management strategies". *Ann. Entomol. Soc. Am.* 98(6): 775-786.
3. Almeida R., Nunney L. y Rodrigo P. 2015. "How do plant diseases caused by Xylella fastidiosa emerge?". *Plant Disease. APS Publications* 99(11).
2. Berisha B., Chen Y., Zhang G., Xu B. y Chen T. 1998. "Isolation of Peirce's disease bacteria from grapevines in Europe". *European Journal of Plant Pathology* 104: 427-433.
3. Bruening G., Feldstein P. y Civerolo E. 2008. "Exploiting Xylella fastidiosa proteins for Pierce's disease control". *Pierce's Disease Research Symposium*. pp: 142-148
4. Bucci E. 2018. "Xylella fastidiosa, a new pathogen that threatens global farming: Ecology, molecular biology, search for remedies". *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 502: 173-182.
5. Chang C., Donaldson R., Brannen P., Krewer G. y Boland R. 2009. "Bacterial Leaf Scorch, a New Blueberry Disease Caused by Xylella fastidiosa". *American Society for Horticultural Science* 44(2): 413-417.
6. Chatterjee S., Almeida R. y Lindow S. 2008. "Living in two worlds: The plant and insect lifestyles of Xylella fastidiosa". *Ann. Rev. Phytopathol.* 46: 243-271.
7. Chatterjee S., Wistrom C. y Lindow S. 2008. "A cell-cell signaling sensor is required for virulence and insect transmission of Xylella fastidiosa". *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 105: 2670-2675.
8. Chen J., Chang C., Jarret R. y Gawel N. 1992. "Genetic variation among Xylella fastidiosa strains". *Phytopathology* 82: 973-977.
9. Cochran L. y McClain R. 1951. "Peach ring spot".
10. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo rural. 2017. "Xylella fastidiosa, Dossier informativo". pp: 5-8.
11. Cornara D., Bosco D. y Fereres A. 2018. "Philaenus spumarius: when an old acquaintance becomes a new threat to European agriculture". *J. Pest. Sci.* 91: 957-972.
12. Cornara D., Saponari M., Zeilinger A., de Stradis A., Boscia D., Loconsole G., Bosco D., Martelli G., Almeida R. y Porcelli F. 2017. "Spittlebugs as vectors of Xylella fastidiosa in olive orchards in Italy". *Journal of Pest Science*, 90: 521-530.
13. Cornara D., Sicard A., Zeilinger A., Porcelli F., Purcell A. y Almeida R. 2016. "Transmission of Xylella fastidiosa to Grapevine by the Meadow Spittlebug". 106 (11): 1285-1290.

14. DOGV. 2017. “Resolución de 25 de julio de 2017, del director general de Agricultura, Ganadería y Pesca, por la cual se declara la existencia de un segundo brote de la plaga *Xylella fastidiosa* en el territorio de la Comunitat Valenciana y se adoptan medidas fitosanitarias urgentes de erradicación y control para evitar su propagación. [2017/7019]”. *Diario Oficial de la Generalitat Valenciana n.º 8.095 de 31/07/2017*. pp: 27463-27466.
15. DOGV. 2017. “Resolución de 31 de agosto de 2017, del director general de Agricultura, Ganadería y Pesca, por la cual se declara la existencia de un tercer brote de la plaga *Xylella fastidiosa* en el territorio de la Comunitat Valenciana y se adoptan medidas fitosanitarias urgentes de erradicación y control para evitar su propagación. [2017/7668]”. *Diario Oficial de la Generalitat Valenciana n.º 8.120 de 05/09/2017*: 31513-31518.
16. DOGV. 2017. “Resolución de 6 de julio de 2017, del director general de Agricultura, Ganadería y Pesca, por la cual se declara la existencia de un brote de la plaga *Xylella fastidiosa* en el territorio de la Comunidad Valenciana y se adoptan medidas fitosanitarias urgentes de erradicación y control para evitar su propagación. [2017/6203]”. *Diario Oficial de la Generalitat Valenciana n.º 8.079 de 07/07/2017*: 24101-24104.
17. DOUE. 2000. “Directiva 2000/29, del Consejo, de 8 de mayo, 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”. *Diario Oficial n.º L 169 de 10/07/2000*: 1-112.
18. DOUE. 2015. “Decisión de Ejecución (UE) 2015/789 de la Comisión, de 18 de mayo de 2015, sobre medidas para evitar la introducción y propagación dentro de la Unión de *Xylella fastidiosa*”. *Diario Oficial n.º L 125 de 21/05/2015*. pp: 36-53.
19. EFSA. 2015. “Scientific opinion on the risks to plant health posed by *Xylella fastidiosa* in the EU territory, with the identification and evaluation of risk reduction options”. *EFSA Journal* 13: 1-262.
20. EFSA. 2017. “Susceptibility of *Olea europaea* L. varieties to *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca* ST53: systematic literature searches up to 24 March”. *EFSA Journal* 15 (4772): 18.
21. EPPO. 2016. “*Xylella fastidiosa*”. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 46 (3): 463-500.
22. EPPO. 2019. “*X. Fastidiosa* subsp. *multiplex* detected in Toscana region in November 2018”. *European and Mediterranean Plant Protection Organization*.
23. Feil H., Feil W. y Purcell A. 2003. “Effects of date of inoculation on the within-plant movement of *Xylella fastidiosa* and persistence of Pierce’s disease within field grapevines”. *Phytopathology* 93 (2): 244-251.
24. Gambetta G., Fei J., Rost T. y Matthews M. 2007. “Leaf scorch symptoms are not correlated with bacterial populations during Pierce’s disease”. *J. Exp. Bot.* 58: 4037-4046.

25. Guilhabert M. y Kirkpatrick B. 2005. "Identification of *Xylella fastidiosa* antivirulence genes: hemagglutinin adhesins contribute to *X. fastidiosa* biofilm maturation and colonization and attenuate virulence". *Mol. Plant-Microbe Interact.* 18: 856-868.
26. Henderson M., Purcell A., Chen D., Smart C., Guilhabert M. y Kirkpatrick B. 2001. "Genetic diversity of Pierce's disease strains and other pathotypes of *Xylella fastidiosa*". *Applied and Environmental Microbiology* 67: 895-903.
27. Hernandez-Martinez R., Karla A., Costa H., Cooksey D. y Wong F. 2007. "Phylogenetic Relationships of *Xylella fastidiosa* Strains Isolated from Landscape Ornamentals in Southern California". *Phytopathology* 97(7): 857-64.
28. Hopkins D. 1989. "*Xylella fastidiosa*: xylem-limited bacterial pathogen of plants". *Annu. Rev. Phytopathol.* 27: 271-290.
29. Hopkins D. y Purcell A. 2002. "*Xylella fastidiosa*: Cause of Pierce's disease of grapevine and other emergent diseases". *Plant Dis.* 86: 1056-1066.
30. Jeger M. y Bragard C. 2019. "The Epidemiology of *Xylella fastidiosa*; A Perspective on Current Knowledge and Framework to Investigate Plan Host-Vector Pathogen Interactions". *Phytopathology* 109: 200-209
31. Jeger M., Caffier D., Candresse T., Chatzivassiliou E., Dehnen-Schmutz K. y Navajas M. 2018. "Updated pest categorisation of *Xylella fastidiosa*". *EFSA Journal*, 16 (7): e05357.
32. Kandel P., Almeida, R., Cobine P. 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: 589-600.
33. Krugner R. 2010. *California Olive Committee Annual Research Report*.
34. Landa B. 2015. "*Xylella fastidiosa*: Biología y ecología del patógeno, medidas de control y situación en Italia". *Geolit 2015*.
35. Landa B. 2015. "*Xylella fastidiosa*: Biología y ecología del patógeno, medidas de control y situación en Italia". *Traditional Food Network to improve the transfer of knowledge for innovation*.
36. Landa B. 2017. Enfermedades causadas por *Xylella fastidiosa*: Plasticidad genética y rango de huéspedes. *Pest Organisms Threatening Europe*.
37. Landa B., Marco-Noales E., Milagros M. 2017. "Enfermedades causadas por la bacteria *Xylella fastidiosa*". *Cajamar Casa Rural*.
38. Lima D., Battogtokh D., Mikhailov A., Borckmans P. y Dewel G. 1998. "Pattern selection in oscillatory media with global coupling". *EPL (Europhysics Letters)* 42(6).
39. Lindow S., Baccari C., Chatterjee S., Lavarone A., Ionescu M. y Newman K. 2014. "Production of *Xylella Fastidiosa* diffusible signal factor in transgenic grape causes pathogen confusion and

- reduction in severity of Pierce's Disease". *Molecular Plant-Microbe Interactions* 27(3): 244-254.
40. MAPAMA. 2017. "Plan de contingencia de *Xylella fastidiosa*". *Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente*.
41. Marco-Noales E. y Barbé S. 2018. "*Xylella fastidiosa*: La amenaza de una bacteria fitopatógena emergente". *Sem@foro*.
42. Meng Y., Li Y., Galvani C., Hao G., Turner J., Burr T. y Hoch H. 2005. "Upstream migration of *Xylella fastidiosa* via pilusdriven twitching motility". *J. Bacteriol.* 187: 5560-5567.
43. Mircetich S., Lowe S., Moller W. y Nyland G. 1976. "Etiology of almond leaf scorch disease and transmission of the causal agent". *Phytopathology*. 66: 7-24.
44. Morelli M., Boscia D., Loconsole G., Martelli G., Saponari M., Almeida R. y D'Attoma G. 2016. "Intercepted isolates of *Xylella fastidiosa* in Europe reveal novel genetic diversity". 146: 85-94.
45. Morente M., Cornara D., Sanjuan S., Plaza M., Moreno A. y Fereres A. 2018. "Vectores de *Xylella fastidiosa* en la comarca de Guadalest (Alicante)". *Agrícola Vergel*, 411: 228-230.
46. Morente M., Moreno A. y Fereres A. 2017. "Vectores potenciales de *Xylella fastidiosa* en olivares de la península ibérica: prospección, riesgos y estrategias preventivas de control". *Phytoma*, 285: 32-37.
47. Nascimento R., Gouran H., Chakraborty S., Gillespie H., Almeida-Souza H., Tu A., Raio B., Feldstein P., Bruening G., Goulart L. y Dandekar A. 2016. "The Type II secreted lipase/esterase *lesA* is a key virulence factor required for *Xylella fastidiosa* pathogenesis in grapevines". *Scientific Reports*. 6: 18598
48. Navarro C., Gomar A., Garcia F., Màxim J., Rallo E., Pacheco B., Dalmau V., Cubillos D., Ferrer A., Roselló M. y Soto A. 2018. "Aspectos de la biología y ecología de vectores potenciales de *Xylella fastidiosa* en almendros del sudeste de la península ibérica". *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal, ISSN 1131-8988*. 304: 33-37.
49. Nunney L., Schuenzel E., Scally M., Bromley R. y Stouthamerc R. 2014. "Large-Scale Intersubspecific recombination in the plant-pathogenic bacterium *Xylella fastidiosa* is associated with the host shift to mulberry". *Appl. Environ. Microbol.* 80: 3026-3033.
50. Pascali M., Luvisi A., De Bellis L., Nicoli F., Nutricati E., Rampino P., Aprile A., Miceli, A, Sabella E., Negro C., Buja L. y Vergine M. 2019. "Molecular effects of *Xylella fastidiosa* and drought combined stress in olive trees". *Plants*. 8: 437.
51. Pierce N. 1891. "A disease of almond trees". *J. Mycol.* 7(2): 66-77.
52. Purcell A. 1997. "*Xylella fastidiosa*, a regional problem or global threat?". *Journal of Plant Pathology*. 79 (2): 99-105.
53. Purcell A. 2013. "Paradigms: Examples from the Bacterium *Xylella fastidiosa*". *Ann. Rev. Phytopathol.* 51: 339-356.

54. Raju B., Wells J., Nyland G., Brlansky R. y Lowe S. 1982. "Plum leaf scald: isolation, culture, and pathogenicity of the causal agent". *Phytopathology*. 72: 1460-1466.
55. Randall J., Radionenko M., French J., Olsen M., Goldberg N., y Hanson S. 2007. "Xylella fastidiosa Detected in New Mexico in Chitalpa, a Common Landscape Ornamental Plant". *APS Publications* 91(3).
56. Redak R., Purcell A., Lopes J, Blua M., Mizell R. y Andersen P. 2004. "The biology of xylem fluid-feeding insect vectors of *Xylella fastidiosa* and their relation to disease epidemiology". *Annual Review of Entomology*. 49: 243-270.
57. Reddy J., Reddy S., Hopkins D. y Gabriel D. 2007. "TolC is required for pathogenicity of *Xylella fastidiosa* in *Vitis vinifera* grapevines". *Mol. Plant-Microbe Interact.* 20: 403-410.
58. Retchless A., Labroussaa F., Shapiro L., Stenger D., Lindow S. y Almeida R. 2014. "Genomic Insights into *Xylella fastidiosa* interactions with plant and insect hosts". Pp. 177-202. En: *Genomics of Plant Associated Bacteria*. D. C. Gross, A. Lichens-Park, and C. Kole, eds. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
59. Roper M., Greve L., Warren J., Labavitch J. y Kirkpatrick B. 2007. "*Xylella fastidiosa* requires polygalacturonase for colonization and pathogenicity in *Vitis vinifera* grapevines". *Mol. PlantMicrobe Interact.* 20: 411-419.
60. Rossetti J., Cesar M., Chagas V. y Beretta G. 1990. Electron Microscopy Studies of a Xylem-Limited Bacterium in Sweet Orange Affected with Citrus Variegated Chlorosis Disease in Brazil. *Journal of Phytopathology*.
61. Saltelli A., Ratto M., Andres T., Campolongo F., Cariboni J., Gatelli D., Saisana M. y Tarantola S. 2007. "Global Sensitivity Analysis". *The Primer*.
62. Saponari M., Altamura G., Boscia D., D'Attoma G., Loconsole G., Morelli M., Palmisano F., Saponari A., Savino V., Tavano D. y Zicca S. 2017. Isolation and pathogenicity of *Xylella fastidiosa* associated to the olive quick decline syndrome in southern Italy 7: 17723
63. Saponari M., Altamura G., Boscia D., D'Attoma G., Loconsole G., Morelli M, Palmisano F., Saponari A., Savino V., Tavano D., Cavalieri V., Potere O., Fumarola G. y Di Carolo M. 2016. "Pilot project on *Xylella fastidiosa* to reduce risk assessment uncertainties". *EFSA Supporting Publ.* 13: 1013E.
64. Saponari M., Loconsole G., Cornara D., Yokomi R., De Stradis A., Boscia D., Bosco D., Martelli G., Krugner R. y Porcelli F. 2014. "Infectivity and Transmission of *Xylella fastidiosa* by *Philaenus spumarius* (Hemiptera: Aphrophoridae) in Apulia, Italy". *Journal of Economic Entomology*, 107: 1316-1319.
65. Sauer K., Camper A., Ehrlich G., Costerton J. y Davies D. 2002. "Pseudomonas aeruginosa displays multiple phenotypes during development as a biofilm" *J. Bacteriol.* 184: 1140-1154.
66. Saunders S., Purcell A., Mendson M., Grebus M. y Henry M. 1999. "Causal Role of *Xylella Fastidiosa* in Oleander Leaf Scorch Disease". *Phytopathology* 89(1): 53-8.

67. Scally M., Schuenzel E., Stouthamer R. y Nunney L. 2005. "Multilocus sequence type system for the plant pathogen *Xylella fastidiosa* and relative contributions of recombination and point mutation to clonal diversity". *Appl. Environ. Microbiol.* 71: 8491-8499.
68. Schaad N., Postnikova E., Lacy G., Fatmi M. y Chang C. 2004. "*Xylella fastidiosa* subspecies: *X. fastidiosa* subsp. *piercei* subsp. nov., *X. fastidiosa* subsp. *multiplex* subsp. nov., *X. fastidiosa* subsp. *pauca* subsp. nov.". *Syst. Appl. Microbiol.* 27: 290-300.
69. Schneider K., Cendoya M. y Navas-Cortes J. 2020. "Impact of *Xylella fastidiosa* subspecies *pauca* in European Olives". *Zenodo*.
70. Schneider K., Werf W., Cendoya M., Mourits M., Navas-Cortes J., Vicent A. y Oude Lansink A. 2019. "Impact of *Xylella fastidiosa* subspecies *pauca* in European olives". Edited by Charles Perrings, *Arizona State University* 117 (17): 9250-9259.
71. Schuenzel E., Scally M., Stouthamer R. y Nunney L. 2005. "A multilocus phylogenetic study of clonal diversity and divergence in North American strains of the plant pathogen *Xylella fastidiosa*". *Appl. Environ. Microbiol.* 71: 3832-3839.
72. Sisterson M., Krugner R. y Lin H. 2012. "Effects of Gender, Origin, and Age on Transmission of *Xylella fastidiosa* to Grapevines by *Homalodisca vitripennis*". *Annals of the Entomological Society of America.* 105 (2): 280-286.
73. Su C., Chang C., Chang Che-Ming, Shih H., Tzeng K., Jan F., Kao CW. y Deng W. 2013. "Pierce's Disease of Grapevines in Taiwan: Isolation, Cultivation and Pathogenicity of *Xylella fastidiosa*". *J. Phytopathol* 161: 389-396.
74. Von Bodman S., Bauer W. y Coplin D. 2003. "Quorum sensing in plant-pathogenic bacteria". *Annu. Rev. Phytopathol.* 41: 455-482.
75. Wells J. y Raju B. 2019. "Plan de Contingencia de *Xylella fastidiosa*, Programa nacional para la aplicación de la normativa fitosanitaria".
76. Wells J. y Raju B. 1984. "Cellular fatty acid composition of six fastidious, gram-negative, xylem-limited bacteria from plants". *Curr. Microbiol.* 10: 231-236.
77. Wells J., Raju B., Hung H., Weisburg W., Mandela-Paul L. y Brenner J. 1987. "*Xylella fastidiosa* gen. nov., sp. nov: Gram-negative, xylem-limited, fastidious plant bacteria related to *Xanthomonas* spp". *International Journal of Systematic Bacteriology* 37(2): 136-143.
78. Yuan X., Morano L., Bromley R., Spring-Pearson S., Stouthamer R. y Nunney L. 2010. "Multilocus sequence typing of *Xylella fastidiosa* causing Pierce's disease and oleander leaf scorch in the United States". *Phytopathology* 100: 601-611.

Referencias Web:

1. <http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/>.
2. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aphrophora_salicina_\(Aphrophoridae\)_-\(imago\),_Arnhem,_the_Netherlands_-_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aphrophora_salicina_(Aphrophoridae)_-(imago),_Arnhem,_the_Netherlands_-_2.jpg)
3. <https://es.wikipedia.org/wiki/Hemiptera>
4. <https://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/Cicadula-quadrinotata-persimilis-img629982.html>
5. https://www.britishbugs.org.uk/homoptera/Cercopidae/Cercopis_vulnerata.html
6. <https://www.daviddarling.info/encyclopedia/H/Hemiptera.html>

