

Xylella fastidiosa en el sur de Europa: cuando el clima no es un problema para su establecimiento

Juan A. Navas Cortés, Miguel Montes Borrego y Blanca B. Landa del Castillo (Departamento de Protección de Cultivos; Instituto de Agricultura Sostenible (IAS), CSIC; Campus Alameda del Obispo, Córdoba. E-mail: j.navas@csic.es)

Xylella fastidiosa es una bacteria de cuarentena en la Unión Europea (UE), ya que se considera una grave amenaza para la UE y los países de la cuenca del Mediterráneo por la gran variedad de plantas huéspedes que infecta, su forma de transmisión a través de insectos vectores de diversa naturaleza y por la existencia en Europa de diversos climas que son similares a los presentes en otras partes del mundo donde la bacteria presenta un problema. El Panel de Sanidad Vegetal de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) realizó en 2015 un completo análisis de riesgo de *X. fastidiosa* en la UE, cuyas principales conclusiones fueron que el riesgo estimado de la bacteria para el territorio de la UE es elevado porque tiene potencial de causar enfermedades en nuestro territorio si llega a establecerse en una región, ya que muchas de las plantas huésped conocidas de la bacteria están presentes en nuestro territorio y además las condiciones ambientales de buena parte de las regiones de la UE pueden ser favorables para el desarrollo epidémico.

***Xylella fastidiosa* y las enfermedades que causa**

Xylella fastidiosa es una bacteria que crece circunscrita en el xilema de numerosas plantas, se desarrolla muy lentamente *in vitro* y es transmitida de forma no específica por varias especies de insectos que se alimentan del xilema y que se conocen como cicadélidos (Hemiptera: Cicadellidae: Cicadellinae) y cercópodos (Hemiptera: Cercopidea). *X. fastidiosa* posee una amplia gama de plantas huésped, más de 350 especies, que incluyen diversas plantas herbáceas y leñosas, tanto cultivadas como malas hierbas. No obstante, en muchas de ellas la infección por *X. fastidiosa* no causa síntomas aparentes o lo hace tras varios meses después de la infección, haciendo su diagnóstico complejo. Las poblaciones de *X. fastidiosa* son además genética y patogénicamente complejas porque en ellas se han identificado subespecies en base a su diversidad genética y a los diferentes huéspedes que infecta: subsp. *fastidiosa*, subsp. *pauca*, subsp. *multiplex*, subsp. *sandyi*, subsp. *morus* y subsp. *tashke* (Janse y Obradovick, 2010).

Xylella fastidiosa es una bacteria típica de las Américas, también presente en Taiwán. Sin embargo, los recientes focos en el sur de Italia,

Isla de Córcega y sur de Francia, las Islas Baleares en España y un foco aislado en Alemania constituyen un cambio muy significativo en su distribución geográfica. La vía principal de entrada de *X. fastidiosa* en un nuevo territorio es a través de plantas o material vegetal de importación infectado; vía por la que se postula la bacteria ha llegado a Europa desde países de Centroamérica. Esta bacteria causa grandes pérdidas económicas en cultivos importantes entre las que destacan la enfermedad de Pierce de la vid, el enanismo del melocotonero, la clorosis variegada de los cítricos, el escaldado del ciruelo, el decaimiento rápido del olivo o el chamuscado del almendro, café, adelfa, varios *Quercus* spp. (alcornoque, roble, o encina) y otras especies leñosas.

En olivar, la detección en 2013 de *X. fastidiosa* en la región de Apulia en el sur de Italia, ha creado una gran preocupación en el sector oleícola. Inicialmente restringida a la provincia de Lecce, actualmente se ha expandido hacia el norte hasta las provincias de Brindisi y Taranto, a unos 70 km al norte del foco inicial. Esta enfermedad, que se denominó CoDiRO (por “*Complesso del disseccamento rápido dell'olivo*” o decaimiento rápido del olivo) está causada por una estirpe de la subsp. *pauca* (Saponari y col., 2013) y se caracte-

teriza por la presencia de quemazón de las hojas y desecamiento de brotes y pequeñas ramas, que se inicia y prevalece en las partes más altas del árbol. Después, los síntomas se extienden al resto de la copa, que adquiere una coloración como de quemado (Figura 1). Con anterioridad, *X. fastidiosa* solo se había detectado en olivo en California (EE. UU.) originando síntomas moderados por la subsp. *multiplex*, pero el año 2015 se describió la presencia de *X. fastidiosa* subsp. *pauca* en la región de La Rioja (Haelterman y col., 2015) causando síntomas extensos de decaimiento y en 2016 en olivares en el estado de Minas Gerais y São Paulo en el sureste de Brasil (Della Coletta-Filho y col., 2016).

Procedimientos de Análisis de Riesgo (APR) para *Xylella fastidiosa*

Una vez que *X. fastidiosa* se ha establecido en un área es de difícil control. Por tanto, todos los esfuerzos deben ir dirigidos a la prevención de su introducción en áreas donde no está presente. Para ello, los procedimientos de Análisis de Riesgo (APR) estiman la probabilidad de introducción y dispersión de una plaga y la magnitud de las pérdidas económicas asociadas a esta. El Panel de Sa-



fytosave

fitovacuna **vegetal**

*El mayor avance biotecnológico
para el control preventivo de Oídio.*

Nuevo fitosanitario de bajo riesgo
n° de registro ES-00209



LIDA
plant research



www.lidaplantresearch.com

idad Vegetal de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) ha llevado a cabo un completo análisis de riesgo y una evaluación de opciones de reducción del riesgo de *X. fastidiosa* en la UE (EFSA, 2015). Las principales conclusiones de Panel de EFSA fueron: (i) la probabilidad de entrada de *X. fastidiosa* desde países en que la bacteria está presente es muy alta con la introducción de plantas para plantar, y moderada con insectos infecciosos portados en plantas o viajando como polizontes; (ii) el establecimiento y dispersión de la bacteria en la UE es muy probable; (iii) y las consecuencias de su introducción se consideran graves debido a que las pérdidas de producción y otras pérdidas asociadas pueden ser altas y requerir medidas de control de alto coste. El riesgo por tanto para el territorio de la UE estimado por el Panel de EFSA es elevado debido a que la bacteria tiene el potencial de causar enfermedad en el área en riesgo una vez se establezca, ya que las plantas huésped, vectores potenciales y las condiciones ambientales pueden ser favorables.

Condiciones climáticas que determinan el desarrollo y supervivencia de *Xylella fastidiosa*

Xylella fastidiosa es una bacteria mesófila adaptada a zonas con inviernos suaves o moderados. El óptimo de crecimiento in vitro de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* que produce la enfermedad de Pierce en vid, se produce a 28°C, decreciendo a 32, 22 y 18°C, respectivamente; no observándose crecimiento a 12°C. En plantas de vid infectadas se ha observado que la mayor tasa de crecimiento se ha observado que la mayor tasa de crecimiento se produce entre 17 y 25°C (Feil y Purcell, 2001). La población de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en plantas infectadas decrece cuando las temperaturas en los vasos del xilema están por debajo de 5°C. Por tanto, temperaturas entre 25 y 32°C son críticas para el desarrollo de las epidemias de la enfermedad de Pierce debido a su elevada tasa de crecimiento a esas temperaturas, mientras que temperaturas entre 12 y 17°C, o superiores a 34°C perjudican su supervivencia en la planta (Feil y Purcell, 2001). Esto podría explicar, al menos en parte, las variaciones estacionales observadas en diferentes plantas huésped infectadas por *X. fastidiosa*. En viñedo, la bacteria no es detectada hasta mayo o principios de junio, alcanza su máximo nivel en el xilema en verano y decrece paulatinamente hasta principio del invierno (Hopkins y Thomson, 1984). En roble rojo en Georgia (EE. UU.), la bacteria puede ser aislada solo desde agosto hasta enero, con una frecuen-

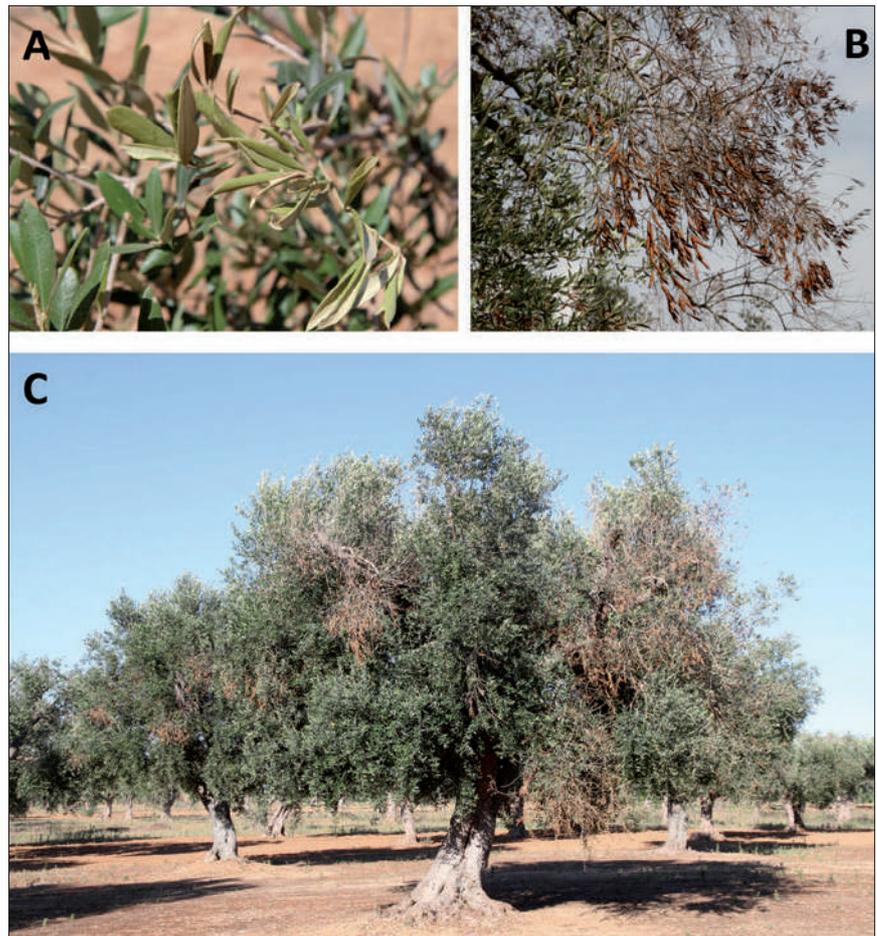


Figura 1. Síntomas del decaimiento rápido del olivo causados por *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca* en la región de Puglia, sur de Italia. A: Síntomas iniciales: clorosis y abarquillado de hojas; B: Necrosis extensa de hojas con muerte de ramas; C: Árbol afectado con ramas necrosadas y secas en diferentes partes del árbol con distribución irregular. Fotos: B.B. Landa y Juan A. Navas-Cortés (IAS-CSIC).

cia máxima de aislamiento en noviembre (Chang y Walker, 1988). En naranjo dulce en Florida, su comportamiento es similar a viñedo, alcanzando su mayor nivel poblacional al final del verano, decrece en otoño, y alcanza un nuevo pico en invierno (Hopkins, 1980); dinámica similar a la que se observa en plátano de sombra en Georgia (Henneberger y col., 2004). Otros factores diferentes a los climáticos, como la senescencia de la hoja, hibernación del huésped y variaciones en las poblaciones de los vectores y su eficiencia de transmisión podrían asimismo contribuir a esta dinámica estacional (Henneberger y col., 2004).

Por otro lado, los estudios que relacionan la dinámica poblacional de *X. fastidiosa* en raíz son escasos. En plátano de sombra, Henneberger y col. (2004) no encontraron correlación entre la población bacteriana en el tejido radical y la temperatura de suelo. Así, temperaturas deletéreas

para la bacteria inferiores a 2,5°C únicamente se alcanzaron a 10 cm de profundidad, nunca a 20 cm, lo cual impediría el efecto deletéreo de las bajas temperaturas en la población bacteriana. Estos resultados coinciden con los observados en cítricos en Florida en los que la frecuencia de detección de la bacteria fue máxima de junio a septiembre y de diciembre a febrero (Hopkins y col., 1991). Estos resultados sugieren que, en áreas con clima moderado, como el caso de Florida, las temperaturas mínimas invernales no son los suficientemente bajas como para causar una muerte significativa de la bacteria, al contrario de lo observado en vid en el Pacífico noroeste (Purcell, 1980). En este mismo sentido señalan otras investigaciones centradas en las enfermedades causadas por *X. fastidiosa*, tipo necrosis marginal o chamuscado foliar, en especies leñosas ornamentales y forestales, que suelen darse en climas más fríos como los que se dan más al

norte y en áreas cercanas a la costa de EE. UU. que aquellas como la enfermedad de Pierce en vid o la enfermedad del falso melocotonero que prevalecen en climas más cálidos (Purcell y Hopkins, 1996). Así, Kostka y col. (1986) aisló la bacteria de robles en el estado de Nueva York y Pensilvania, y Sherald y col. (1987) describió el chamuscado del arce rojo en el norte de Virginia. Los mecanismos de supervivencia de *X. fastidiosa* en estas especies no se ha podido determinar, pero se ha sugerido que el patógeno puede acumularse y sobrevivir en la raíz donde queda aislada del suelo (Chang y Walker, 1988), o bien que las estirpes de *X. fastidiosa* que son capaces de infectar estas especies leñosas en zonas más al norte presentan una mejor adaptación a las bajas temperaturas.

La capacidad de supervivencia de *X. fastidiosa* al invierno puede variar con la estirpe de la bacteria y la planta huésped. Así, infecciones producidas en almendro en primavera con la estirpe causante de la enfermedad de Pierce (que también infecta a almendro) escasamente persisten al año siguiente (Davis y col., 1980) y a los dos años, en algunos casos, la bacteria ya no es detectada (Purcell, 1997), lo que puede explicar que las diferencias en la distribución de la enfermedad en almendro y vid en California se deben a una mayor capacidad de supervivencia a las bajas temperaturas de las cepas causantes del chamuscado foliar del almendro. Esta capacidad de supervivencia podría explicar la mayor extensión al norte de los EE.UU. de la enfermedad en roble (Purcell, 1997), lo que apoya que las limitaciones climáticas a *X. fastidiosa* dependen de la estirpe/subespecie de *X. fastidiosa* y su interacción con el huésped (Purcell, 1997). Por otro lado, la influencia de las altas temperaturas en la incidencia de enfermedades causadas por *X. fastidiosa* no se ha estudiado. Los síntomas generalmente aparecen antes y son más severos en regiones con veranos cálidos, pero que generalmente también tienen temperaturas invernales moderadas (Hewitt y col., 1949). No obstante, la severidad del enanismo de la alfalfa en los desiertos cálidos de California y la de la clorosis variegada de los cítricos en el clima tropical en Brasil (Lee y col., 1991) indicarían que las temperaturas elevadas no limitan la enfermedad.

El clima como factor determinante de la distribución de *Xylella fastidiosa*

Xylella fastidiosa está presente en una amplia diversidad de zonas climáticas (Figura. 2), aunque particularmente prevalece en los países de los

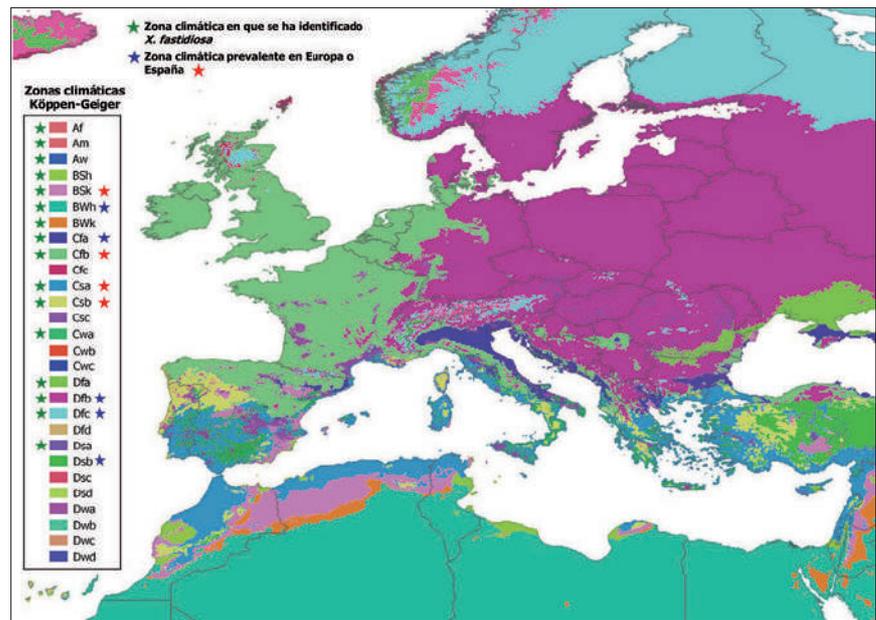


Figura 2. Clasificación climática de Köppen-Geiger para Europa con indicación de tipos climáticos en que se ha citado la ocurrencia de *Xylella fastidiosa* en el mundo (EFSA, 2016) así como los tipos de clima prevalentes en Europa y España. Grupos climáticos: A: tropical, Af: ecuatorial, Am: monzónico, Aw: sabana; B: Seco, BSh: estepario cálido, BSk: estepario frío, BWh: desértico cálido, BWk: desértico frío; C: latitudes medias, Cfa: subtropical húmedo, Cfb: oceánico, Cfc: subártico o boreal, D: continental con inviernos muy fríos, Dfa: con verano cálido, Dfb: con verano fresco, Dfc: subártico o boreal, Dsa: verano cálido (Kottek et al., 2006). Datos climáticos: CliMond (Kriticos y col., 2011).

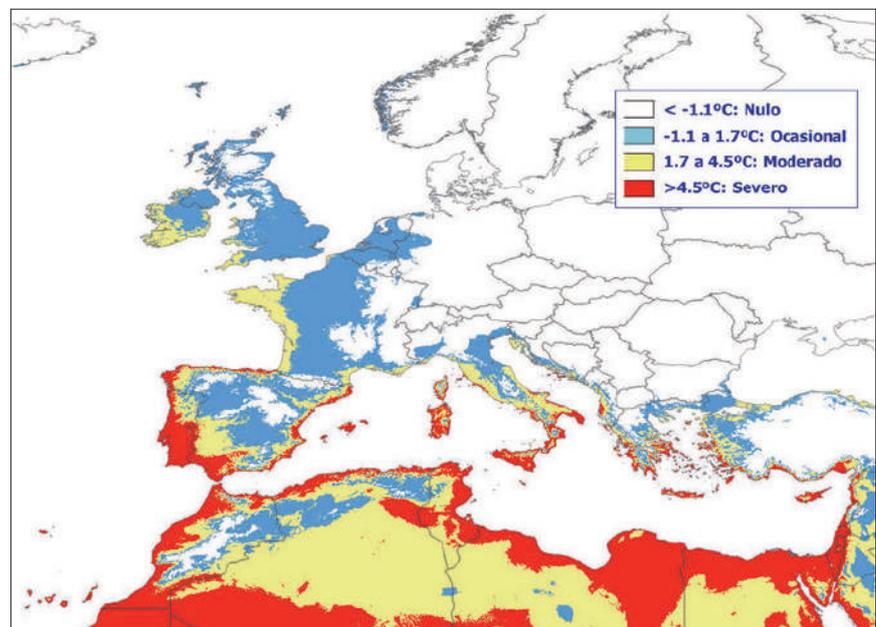


Figura 3. Potencial para el establecimiento de *Xylella fastidiosa* en Europa en función de las temperaturas mínimas invernales según el criterio de Fail y Purcell, 2001. Datos climáticos: WorldClim (Hijmans y col., 2005).

tropicales y sub-tropicales como Brasil, Costa Rica u Honduras. Se encuentra asimismo en áreas en que las condiciones climáticas son similares a las

que prevalecen en las zonas de clima mediterráneo como en California (EE. UU.), o los recientes focos en diversas regiones europeas como sur de

Italia, Córcega y la Costa Azul en Francia o las Islas Baleares en España. No obstante, podemos encontrar registros de enfermedades causadas por *X. fastidiosa* en regiones con climas mucho más fríos como los estados de New Jersey y Washington en EE. UU. o aún más al norte en la península del Niágara, sur de Ontario, la Columbia Británica, Saskatchewan o Alberta, en Canadá (EFSA, 2015).

Para inferir zonas con condiciones climáticas favorables para *X. fastidiosa* se han utilizado diversas aproximaciones, pero estas se han realizado fundamentalmente para EE. UU. y para la subespecie *fastidiosa* que causa la enfermedad de Pierce en vid. Feil y Purcell (2001) utilizando las isotermas de las temperaturas mínimas invernales propusieron para la enfermedad de Pierce estos niveles de severidad y rangos térmicos (temperaturas mínimas invernales): impacto severo >4,5°C; moderado (1,7 a 4,5°C); ocasional (1,7 a -1,1°C); o raro (<-1,1°C) en vid. No obstante, Anas y col. (2008) describen la enfermedad en el sureste de EE. UU. como de ocurrencia ocasional, estableciendo las áreas con riesgo de enfermedad de Pierce en Georgia y Arizona a temperatura mucho más bajas en base al número de días con temperatura mínima por debajo de -12°C o -9,4°C. Hoddle (2004) utilizó el modelo CLIMEX para la elaboración de mapas de distribución potencial de *X. fastidiosa* y su vector en California *Homalodisca vitripennis* basándose en datos de Feil y Purcell (2001) concluyendo que las bajas temperaturas invernales excluirían la enfermedad de Pierce de las zonas de cultivo de viñedo de Francia y las zonas norte y centro de España e Italia.

Idoneidad climática en España para el desarrollo de epidemias causadas por *Xylella fastidiosa*

En el marco de los proyectos internacionales POnTE y XF-ACTORS, financiados por la UE mediante el programa H2020, se están desarrollando modelos riesgo y distribución potencial de *X. fastidiosa* en Europa a diversas escalas geográficas, desde la continental a la regional. *X. fastidiosa* puede desarrollarse en una gran variedad de tipos climáticos, aunque es particularmente prevalente en clima subtropical húmedo, mediterráneo, mediterráneo con veranos frescos, estepario frío, sabana, subtropical con invierno seco, oceánico o continental con veranos cálidos, muchos de los cuales están presentes en distintas regiones de Europa (Figura 2). En particular España cuenta con climas mediterráneo, mediterráneo con veranos frescos, oceánico y este-

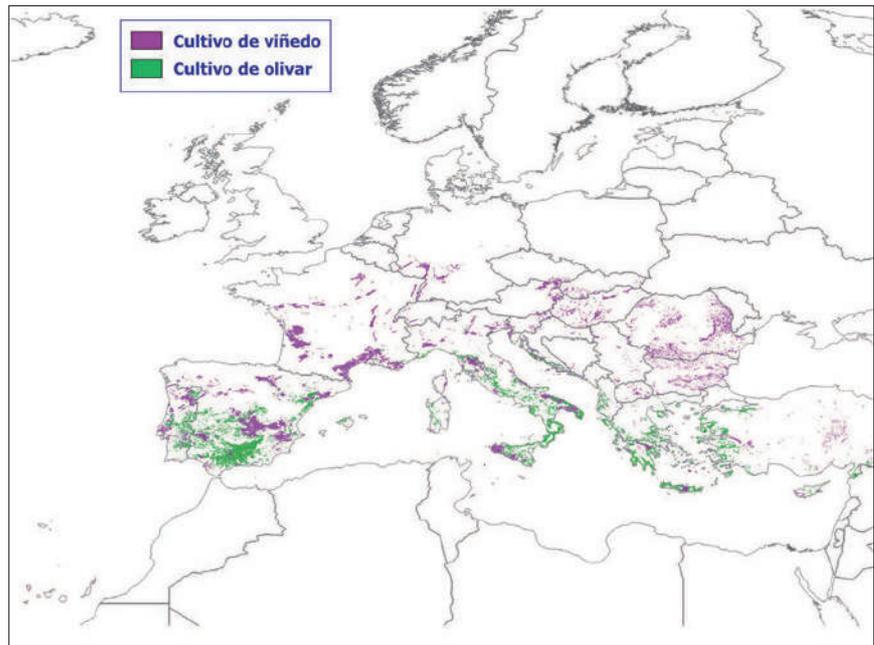


Figura 4. Distribución de cultivos de olivar y viñedo en Europa. Fuente: CORINE Land cover 2012, versión 18.5.1, European Environment Agency.

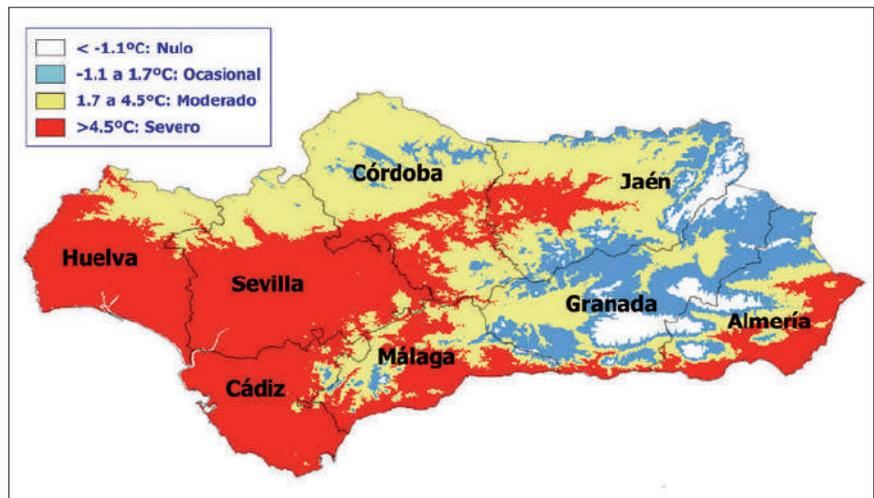


Figura 5. Potencial para el establecimiento de *Xylella fastidiosa* en Andalucía en función de las temperaturas mínimas invernales según criterio de Feil y Purcell, 2001. Datos climáticos: WorldClim (Hijmans y col., 2005).

pario frío que constituyen gran parte del territorio y en los que *X. fastidiosa* podría establecerse (Figura 2). Por otro lado, las temperaturas mínimas en invierno que prevalecen en gran parte de los países del sur de Europa presentan condiciones climáticas en las que siguiendo el criterio establecido por Purcell y Feil (2001) permitirían la supervivencia de *X. fastidiosa* (Figura 3) y en las que además predominan cultivos tan relevantes para la economía europea como el olivar o el viñedo (Figura 4). Es

de destacar que todos aquellos lugares en que *X. fastidiosa* ha sido descrita en Italia, Francia y España presentan condiciones climáticas consideradas favorables para su supervivencia (Figura 3), lo que demuestra la validez de este criterio. Esta situación es particularmente preocupante en Andalucía donde prácticamente la totalidad de las zonas de cultivos de olivar presentarían condiciones climáticas que permitirían la supervivencia y posterior establecimiento de *X. fastidiosa* si llegase a introducirse, en

particular en la parte baja del Valle de Guadalquivir en las provincias de Córdoba, Sevilla, Huelva y Cádiz (Figura 5). En cualquier caso, como se ha indicado anteriormente estos valores umbrales de temperatura mínima invernal se han desarrollado para la *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* infectando vid en EE. UU. por lo que como se ha indicado será necesario estimar dichos umbrales para las estirpes de la bacteria identificadas en Europa y las plantas huésped (incluyendo las variedades específicamente cultivadas) en nuestras regiones, ya que cada una de las subespecies presenta condiciones climáticas diferenciales y no existen aún estudios suficientes sobre la variabilidad entre cepas subespecies: variabilidad entre subespecies o cepas (Navas-Cortés, J.A., datos no publicados).

En conclusión, la información disponible con-

firma que en particular los países del sur de Europa presentan condiciones climáticas que se muestran adecuadas para la supervivencia y posiblemente el establecimiento de *X. fastidiosa* en caso de su introducción, tal y como está demostrando la repetida ocurrencia de epidemias severas causadas por distintas subespecies de *X. fastidiosa* en diferentes plantas huésped en territorio europeo y que apoyan en gran medida las previsiones indicadas por el Panel de Sanidad Vegetal de EFSA en su Análisis de Riesgo de 2015 que establecía el riesgo para la UE como elevado.

Finalmente, en el ámbito investigador, el Instituto de Agricultura Sostenible del CSIC participa desde finales de 2015 en diversos proyectos internacionales del Programa Horizonte 2020 (H2020) financiados por la UE sobre este patógeno, de-

nominados XF-ACTORS, POnTE, EUPHRESCO y COST-EuroXanth, que persiguen el desarrollo de una estrategia de control integrado de las enfermedades asociadas con *X. fastidiosa* para prevenir su entrada, establecimiento y expansión y que contribuya a controlar su impacto económico, ambiental y social en caso de producirse nuevos brotes en el territorio de la UE.

Agradecimientos: Parte de la información recogida en este trabajo está financiada por los proyectos N. 635646 POnTE (Pest Organisms Threatening Europe) y N. 727987 XF-ACTORS (*Xylella Fastidiosa* Active Containment Through a multidisciplinary-Oriented Research Strategy) del Programa de Investigación e Innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea.

BIBLIOGRAFÍA

- Anas, O., Harrison, U., Brannen, P.M., 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. Available online: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2008/pierces/>
- Chang, C.J., Walker, J.T. 1988. Bacterial leaf scorch of northern red oak: Isolation, cultivation, and pathogenicity of a xylem-limited bacterium. *Plant Disease* 72:730-733
- Davis, M.J., Purcell, A.H., Thomson, S.V. 1980. Isolation medium for the Pierce's disease bacterium. *Phytopathology* 70:734-739.
- Della Coletta-Filho, H., Francisco, C.S., Lopes, J.R.S., De Oliveira, A.F., Da Silva, L.F.d.O. 2016. First report of olive leaf scorch in Brazil, associated with *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca*. *Phytopathologia Mediterranea* 55: 130-135.
- EFSA, 2015. Scientific Opinion on the risk to plant health posed by *Xylella fastidiosa* in the EU territory, with the identification and evaluation of risk reduction options. *EFSA Journal* 13: 3989, 262 pp.
- EFSA, 2016. Scientific report on the update of a database of host plants of *Xylella fastidiosa*. *EFSA Journal* 14:4378, 40 pp.
- Feil, H., Purcell, A.H. 2001. Temperature-dependent growth and survival of *Xylella fastidiosa* in vitro and in potted grapevines. *Plant Disease* 85:1230-1234.
- Haellerman, R.M., Tolocka, P.A., Roca, M.E., Guzmán, F.A., Fernández, F.D., Otero, M.L. 2015. First presumptive diagnosis of *Xylella fastidiosa* causing olive scorch in Argentina. *Journal of Plant Pathology* 97: 393.
- Henneberger, T.S.M., Stevenson, K.L., Britton, K.O., Chang, C.J. 2004. Distribution of *Xylella fastidiosa* in sycamore associated with low temperature and host resistance. *Plant Disease* 88:951-958.
- Hewitt, W.B., Frazier, N.W., Freitag, J.H. 1949. Pierce's disease investigations. *Hilgardia* 19: 207-264.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- Hodde, M.S. 2004. The potential adventive geographic range of glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca coagulata* and the grape pathogen *Xylella fastidiosa*: implications for California and other grape growing regions of the world. *Crop Protection* 23:691-699.
- Hopkins, D. L. 1980. Use of the pin-prick inoculation technique to demonstrate variability in virulence of the Pierce's disease bacterium. Pages 177-180 in: Proc. VIIIth Int. Conf. Viruses Grapevine (ICVG), Niagara Falls, Canada.
- Hopkins D.L., Bistline F.W., Russo L.W. Thompson C.M., 1991. Seasonal fluctuation in the occurrence of *Xylella fastidiosa* in root and stem extracts from citrus with blight. *Plant Disease* 75: 145-147.
- Hopkins, D.L., Thompson, C.M. 1984. Seasonal concentration of the Pierce's disease bacterium in 'Carlos' and 'Welder' muscadine grapes compared with 'Schuyler' bunch grape. *HortScience* 19:419-420.
- Janse, J.D., Obradovic, A. 2010. *Xylella fastidiosa*: Its biology, diagnosis, control and risks. *Journal of Plant Pathology* 92:S1.35-S31.47.
- Kostka, S.J., Tattar, T.A., Sherald, J.L. 1986. Elm leaf scorch: Abnormal physiology in American elms infected with fastidious, xylem-inhabiting bacteria. *Canadian Journal of Forest Research* 16:1088-1091.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F. 2006: World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15: 259-263.
- Kriticos, D.J., Webber, B.L., Leriche, A., Ota, N., Macadam, I., Bathols, J., Scott, J.K. 2012. CliMond: global high-resolution historical and future scenario climate surfaces for bioclimatic modelling. *Methods in Ecology and Evolution* 3:53-64.
- Lee, R.F., Derrick, K.S. Beretta, M.J.G., Chagas, C.M., Rosetti, V. 1991. Citrus variegated chlorosis: a new destructive disease of citrus in Brazil. *Citrus Industry* 10:12.
- Purcell A.H., 1997. *Xylella fastidiosa*, a regional problem or global threat? *Journal of Plant Pathology* 79: 99-105.
- Purcell, A.H. 1980. Environmental therapy for Pierce's disease of grapevines. *Plant Disease* 64:388-390.
- Purcell, A.H., Hopkins, D.L. 1996. Fastidious xylem-limited bacterial plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 34:131-151.
- Saponari, M., Boscia, D., Nigro, F., Martelli, G.P. 2013. Identification of DNA sequences related to *Xylella fastidiosa* in oleander, almond and olive trees exhibiting leaf scorch symptoms in Apulia (Southern Italy). *Journal of Plant Pathology* 95:668.
- Sherald, J.L., Wells, J.M., Hurtt, S.S., Kostka, S.J. 1987. Association of fastidious, xylem-inhabiting bacteria with leaf scorch in red maple. *Plant Disease* 71:930-933.